

+

Hannu Huhtamäki

VERKKO-OPPIMATERIAALIN TEKEMINEN ELEKTRONISET
NAVIGOINTIJÄRJESTELMÄT –OPINTOJAKSOA VARTEN

Merenkulun koulutusohjelma
2018

VERKKO-OPPIMATERIAALIN TEKEMINEN ELEKTRONISET
NAVIGOINTIJÄRJESTELMÄT –OPINTOJAKSOA VARTEN

Huhtamäki, Hannu
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Merenkulun koulutusohjelma
Helmikuu 2018
Ohjaaja: Ahvenjärvi, Sauli
Sivumäärä: 68
Liitteitä: 0

Asiasanat: navigointi, radiolaitteet, opetusaineisto

Oppinnäytetyön tarkoitus oli tehdä elektroniset navigointijärjestelmät -opintojaksoa varten oppimateriaalia, jota opettajat voivat käyttää apuna opetuksessa. Materiaali on käytännönläheistä ja helppolukuista. Työssä elektronisia navigointijärjestelmiä käsiteltiin yleisellä tasolla, koska kaupallisten tuotteiden yksityiskohtainen kuvailu ei ole oppimateriaalissa tarkoituksenmukaista.

Opettaja voi tarpeen vaatiessa käydä tarkemmin läpi aiheita oman harkintansa mukaan. Laivoilla on käytössä eri valmistajien järjestelmiä ja niistä eri sukupolvien versioita. Kaikki järjestelmät poikkeavat teknisesti toisistaan niin paljon, että selkeyden takia oppimateriaalin teksti on pidetty yksinkertaisena. Oppimateriaalin tarkoitus on helpottaa opetusta ja kannustaa opiskelijaa aktiiviseen tiedonhakuun.

Oppimateriaali sisältää käsiteltävään asiaan liittyviä videolinkkejä internetistä, muita nettilinkkejä, tehtäviä oppimisen tueksi ja vastaukset kysymyksiin. Tehtävien avulla opiskelija voi testata oppimistaan ja opettaja voi arvioida, kuinka hyvin opiskelija on ymmärtänyt aihealueen asiat.

MAKING OF WEB BASED TEACHING MATERIAL FOR THE ELECTRONIC NAVIGATION SYSTEMS STUDY MODULE

Huhtamäki, Hannu

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Maritime Management

February 2018

Supervisor: Ahvenjärvi, Sauli

Number of pages: 68

Appendices: 0

Keywords: navigation, radio equipment, teaching material

The objective of this thesis was to create lecture material for the Electronic Navigation Systems study module. This practical and easy to read thesis can be used by lecturers as part of the learning material. To explain a certain topic in greater detail, the lecturer can make additions to this learning material.

In this thesis, electronic navigation systems are discussed on a practical level without going into the details of each manufacturer's individual systems. There are simply too many navigation systems and generations by different manufactures to be included in the scope of this work. These systems differ technically to a point where a simple and practical illustration would have been difficult.

The objective of this material is to serve as an aid for the lecturer in teaching, and to encourage students with their research activities. The learning materials contains links to online videos and other online sources, as well as exercises with solutions about specific topics. These sources are to be used in conjunction with the material, and by using them the lecturer can evaluate how well the students have understood the subjects in concern.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
1.1	Opinnäytetyön taustaa.....	5
1.2	Opinnäytetyön tavoite.....	5
1.3	Tutkimuksen menetelmät ja tietojen hankinta.....	6
2	ELEKTRONISET NAVIGOINTIJÄRJESTELMÄT	6
2.1	Automaattiohjain/autopilotti	6
2.2	Autopilotin toimintamoodit.....	7
2.3	Akustisten navigointilaitteiden häiriötekijöitä.....	10
2.4	Kaikuluotain – Echo sounder.....	11
2.5	Loki – log.....	12
2.6	Kompassi.....	15
2.7	Satelliittinavigointijärjestelmät ja korjaussignaalin lähetysoalvelut.....	19
2.8	AIS – Automatic Identification System.....	23
2.9	ARPA-tutka.....	29
2.10	ECDIS – Electronic Chart Display System.....	45
2.11	Voyage Data Recorder – musta laatikko.....	48
2.12	GMDSS.....	50
2.13	Elektroniset navigointijärjestelmät osana integroitua navigointijärjestelmää lyhyesti käsiteltynä.....	56
3	VIDEOLINKIT.....	57
4	MUUT NETTILINKIT.....	60
5	LOPPUSANAT.....	63
	LÄHTEET.....	65

1 JOHDANTO

1.1 Opinnäytetyön taustaa

Halusin valita opettavaisen, kiinnostavan ja mielenkiintoisen opinnäytetyön aiheen. Itseäni on aina kiinnostanut, miten asiat toimivat ja miten eri ilmiöitä voi hyödyntää arkielämässä. Minulle ehdotettiin opinnäytetyön aiheeksi oppimateriaalien tekemistä elektroniset navigointilaitteet -opintojaksolle. En halunnut syventyä kaikkien valmistajien järjestelmiin ja niissä oleviin laitteisiin. Uusia laitteita tulee jatkuvasti markkinoille ja perässä pysyminen on haasteellista. Tämän takia päätin tehdä työstä yksinkertaisen, helposti luettavan, perustietoa laitteista antavan kokonaisuuden. Laitteisiin tutustuminen on helpompaa, kun perusasiat ovat tiedossa. Tarkoitukseni on saada aikaan ahaa-elämyksiä lukijoille. Materiaali soveltuu eri tasoisille opiskelijoille, olipa henkilö kokematon tai vanha kettu laitteiden tuntijana. Oppimateriaalin perustasoksi on valittu IMO:n STCW-konvention vaatimukset elektronisten navigointilaitteiden opetuksen sisällön osalta.

1.2 Opinnäytetyön tavoite

Opinnäytetyön tavoitteena on tehdä elektroniset navigointijärjestelmät -opintojaksoa varten oppimateriaali, jota opettajat voivat käyttää apuna opetuksessa. Materiaali on käytännönläheistä ja helppolukuista. Elektronisia navigointijärjestelmiä käsitellään yleisellä tasolla, koska kaupallisten tuotteiden yksityiskohtainen kuvailu ei ole oppimateriaalissa tarkoituksenmukaista. Opettaja voi oman harkintansa mukaan käydä tarkemmin asiakokonaisuuksia läpi. Laivoilla on käytössä eri valmistajien järjestelmiä ja niistä eri sukupolvien versioita. Kaikki järjestelmät poikkeavat teknisesti toisistaan eikä niiden yksityiskohtainen erittely ole mahdollista tässä yhteydessä. Päinvastoin, tekstin oppimateriaalin on oltava selkeää ja sopivan käytännönläheistä. Oppimateriaalin tarkoitus on helpottaa opetusta ja kannustaa opiskelijaa aktiiviseen tiedonhakuun. Oppimateriaali sisältää kuhunkin osa-alueeseen liittyviä videolinkkejä internetistä, muita nettilinkkejä, tehtäviä oppimisen tueksi ja vastaukset kysymyksiin.

Tehtävien avulla opiskelija voi testata oppimistaan ja opettaja voi arvioida, kuinka hyvin opiskelija on ymmärtänyt kunkin aihealueen asiat.

1.3 Tutkimuksen menetelmät ja tietojen hankinta

Tutkimusmenetelmänä on tiedonhankinta, joka nojaa kirjallisiin lähteisiin, internetiin, videomateriaaliin ja omaan kokemukseen. Opinnäytetyöllä ei ole tilaajaa. Teen opinnäytetyön itseäni ja koulua varten.

2 ELEKTRONISET NAVIGOINTIJÄRJESTELMÄT

Elektroniset navigointijärjestelmät ovat sähkömagnetismia hyödyntäviä järjestelmiä, jotka vaativat toimiakseen sähköä. Järjestelmät käyttävät hyväksi sähkömagneettista spektriä. Radioaallot eivät tarvitse väliainetta etenemiseen, vaan kulkevat esimerkiksi avaruudessa. Elektroniset navigointijärjestelmät kertovat käyttäjälle tietoja suunnasta, paikasta, nopeudesta, etäisyydestä, muiden alusten liikkeistä ja ohjaavat alusta käyttäjän ohjeiden mukaan. Ne laskevat monia asioita ihmistä nopeammin ja muuttavat tiedot näytöllä olevaan muotoon.

2.1 Automaattiohjain/autopilotti

Automaattiohjain on laite, joka ohjaa laivaa käyttäjän haluamalla tavalla valittua ohjausmoodia käyttäen. Moodeja ovat esimerkiksi track mode ja heading mode. Jotta automaatti voi pitää suuntaa tai ohjata alusta ennalta suunniteltua reittiviivaa pitkin, se vaatii paikka- ja suuntatiedon esimerkiksi GPS-navigaattorilta, hyrräkompassilta, GPS-kompassilta, magneettikompassilta tai fluxgate-kompassilta. Automaattiohjauksen tarkkuutta voi säätää oikein tarkasta säädöstä vähemmän tarkkaan säätöön. Maksimi peräsinkulman voi myös määrittää etukäteen. Automaattia käytettäessä kannattaa muistaa, että nopeutta on oltava vähintään neljä solmua. Jos nopeus liian pieni, ohjaaminen autopilotilla ei ole mahdollista. Autopilottia ei voi

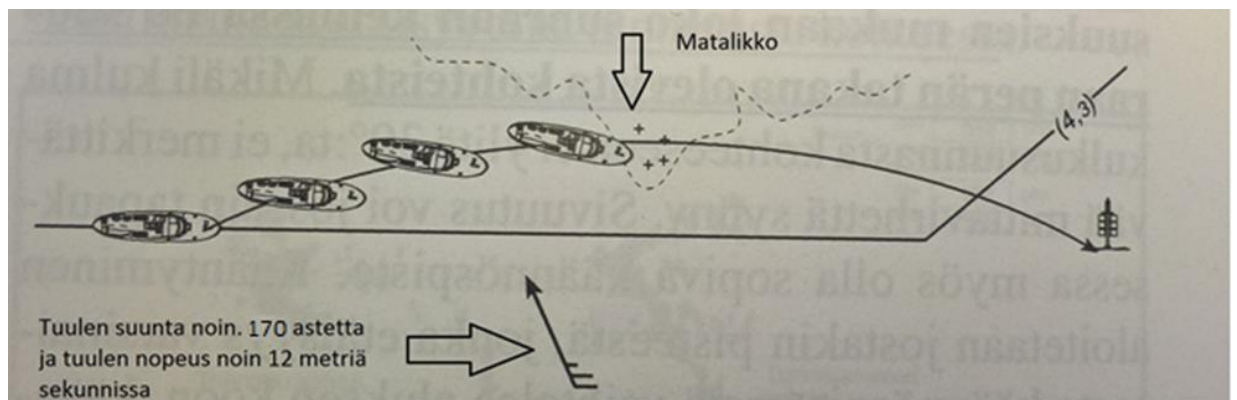
käyttää pienillä nopeuksilla, koska aluksen liikkeestä ja potkurivirrasta aiheutuva vesivirta peräsimen kohdalla on liian pieni. Pelkkä potkurin aiheuttama virtaus voi olla vaikka kuinka suuri jopa nollanopeudella. Vauhdin ollessa pienillä nopeuksilla liian pieni keulapotkuria/peräpotkuria voi käyttää aluksen ohjailuun. GPS-tietojen perusteella ei saada aluksen suuntaa ellei vauhtia ole vähintään kolme solmua (Österman 2010, 4). Integroidussa navigointijärjestelmässä yhdellä GPS-antennilla saadun suuntatiedon käyttö ei ole sallittua. Yhdellä GPS-antennilla saadun nopeustiedon käyttö on sallittu aina (Onnettomuustutkintakeskus 1/1995).

2.2 Autopilotin toimintamoodit

Heading mode

Heading moodissa automaatti pitää aluksen keulasuunnan käyttäjän valitsemalla suunnalla. Tällöin automaatti ei ota huomioon virran (veden virtauksen) tai sorron vaikutusta navigointiin. Sorto voi aiheutua tuulesta, virtauksesta tai aallokosta tai kaikkien yhteisvaikutuksesta. Käyttäjän on itse tehtävä tarvittavat korjaukset.

(Sam-Electronics www-sivut 2017)



Kuva 1. Tuulen vaikutus navigointiin (Karlsson 2005)

Käännöksen suorittaminen autopilotilla

Automaattiohjausta käytettäessä käyttäjän tulee tuntea radiuksen käsite. Radius kertoo, kuinka pitkän matkan alus saa kulkea käännöksen aikana, kunnes uusi valittu

suunta on saavutettu. Radiuksen yksikkö on meripeninkulma. ROT-lyhenne tulee sanoista Rate Of Turn. Se kuvaa, kuinka monta astetta aluksen keula kääntyy minuutissa eli kääntymisnopeutta minuutissa. Käyttäjän vastuulla on antaa automaattille radius/ROT-tieto, jonka avulla automaatti laskee muutoksen suuruuden, kuinka paljon peräsimiä käännetään halutun suunnan saavuttamiseksi. Jos säädetty radiusarvo on pieni/ROT-arvo suuri, kääntäminen haluttuun suuntaan on nopea. Jos säädetty radiusarvo on suuri/ROT arvo on pieni, kääntäminen haluttuun suuntaan on hidasta. (Sam-Electronics www-sivut 2017)

Course mode

Course modessa automaattiohjain ohjaa käyttäjän valitsemaan pohjan suhteen. Automaatti ottaa huomioon tuulen ja virran vaikutuksen sekä laskee sortokulman suuruuden. Radiuksen yksikkö on meripeninkulma. Course moodin käyttö vaatii paikkatiedon GPS-vastaanottimelta. (Sam-Electronics www-sivut 2017)

Track mode

Track moodissa automaatti ottaa huomioon virran (current), tuulen (wind) ja aallokon vaikutukset ohjauksessa ja ajaa laivaa laivan ECDIS-laitteelle tehdyn trackin (reitin) mukaan. TRACKPILOT puolestaan ajaa automaattisesti alusta etukäteen ohjelmoidulla reitillä (Onnettomuustutkintakeskus 1/1995). Moodia käytettäessä käyttäjän ei tarvitse muuta kuin katsoa, että alus pysyy reittiviivalla ja hyväksyä käännökset ennen käännöspaikkaa. Track moodissa automaatti huolehtii peräsimien kääntämisestä ja määrittelee tarvittavan radiuksen/kääntymisnopeuden joka käännöksen kohdalla (Sam-Electronics www-sivut 2017). Varsinkin ennen Suomessa, jossa on ahtaita, matalia ja mutkaisia väyliä, oli track pilotin käyttö yleistä. Suomessa erityisesti saariston läpi menevät suuret matkustaja-autolautat käyttivät track pilot ajamista usein ”metsässä ajamiseen”. Nykyisin saaristossa track moodia käytetään vähemmän. Track moodin käyttö avarammilla reiteillä ja avomerellä on suositeltavampaa.

Muut mahdolliset ohjausmoodit

Esimerkiksi Wärtsilän omistaman Sam Electronics-yhtiön Nacos Platinum komentosillan automaattiohjauksessa on tarjolla vielä muita moodeja kuin edellä mainitut. Sellaisia ovat muun muassa Anchor control mode, Speed control - Arrival mode ja Speed pilot mode. Nämä moodit vaativat toimiakseen reaaliaikaista paikka- ja nopeustietoa. (Sam-Electronics www-sivut 2017)

Anchor control mode

Automaattiohjaus valvoo ankkurointia ja ohjaa automaattisesti keulapotkureita/potkuria, jolloin alus pitää halutun suunnan ja paikan ankkuroinnin ajan. (Sam-Electronics www-sivut 2017)

Speed control - Arrival mode

Speed control - Arrival modissa tieto saapumisajasta tulopaikkaan syötetään järjestelmään ja järjestelmä laskee sen jälkeen automaattisesti vaadittavan nopeuden, jotta tullaan tulopaikkaan määriteltynä aikana. ”MODE:ssa SPEEDPILOT laskee koko ajan, mikä on aluksen oikea saapumisnopeus seuraavaan ohjelmoituun reittikohtaan, jotta sinne saavuttaisiin täsmälleen suunniteltuun aikaan” (Onnettomuustutkintakeskus 1/1995). Automaatti laskee koko ajan parasta nopeutta aikataulun näkökulmasta jokaiselle matkan osalle, jotta alus on perillä tulopaikassa määrättyä aikana. Automaatti säättää nopeutta automaattisesti ilman käyttäjän sekaantumista asiaan. (Sam-Electronics www-sivut 2017)

Speed pilot mode

Speed pilot-moodi antaa käyttäjälle mahdollisuuden määritellä jokaiselle matkan osalle WP:ltä WP:lle haluttu nopeus ilman käyttäjän koskemista potkurien ohjauskahvoihin.

”SPEEDPILOTin avulla aluksen nopeus voidaan etukäteen ohjelmoida lähtösatamasta määräsatamaan ja SPEEDPILOT laskee itse optimaalisen nopeuden kullekin matkan

osalle. SPEEDPILOT vertaa mitattua laivan nopeutta haluttuun laivan nopeuteen ja korjaa laivan nopeuden ohjaussignaalia tarvittaessa, jotta haluttu nopeus saavutetaan.” (Onnettomuustutkintakeskus 1/1995.) WP on suomeksi käännettynä reittipiste. Nopeussäädön käyttö voi johtua nopeusrajoituksesta alueella tai tiukasta aikataulusta. (Sam-Electronics www-sivut 2017). Reittiliikenteessä olevilla aluksilla on yleensä tarkka aikataulu. Esimerkiksi Turun ja Tukholman saaristossa on vain rajoitetusti mahdollisuuksia suorittaa turvallisesti aluksien kohtaamisia ja ohituksia. Tietyillä väylillä, kanavilla tai alueilla voi olla nopeusrajoituksia. Halutaan yksinkertaisesti pysyä aikataulussa. Aikataulussa pysyminen on tärkeää, jotta ei tarvitse ajaa laivaa lujempaa, kuin on tarve. Nopeampi aluksen nopeus näkyy polttoaineen kulutuksen nousuna ja laivayhtiö menettää rahaa.

Tärkeää asiaa automaattiohjauksesta

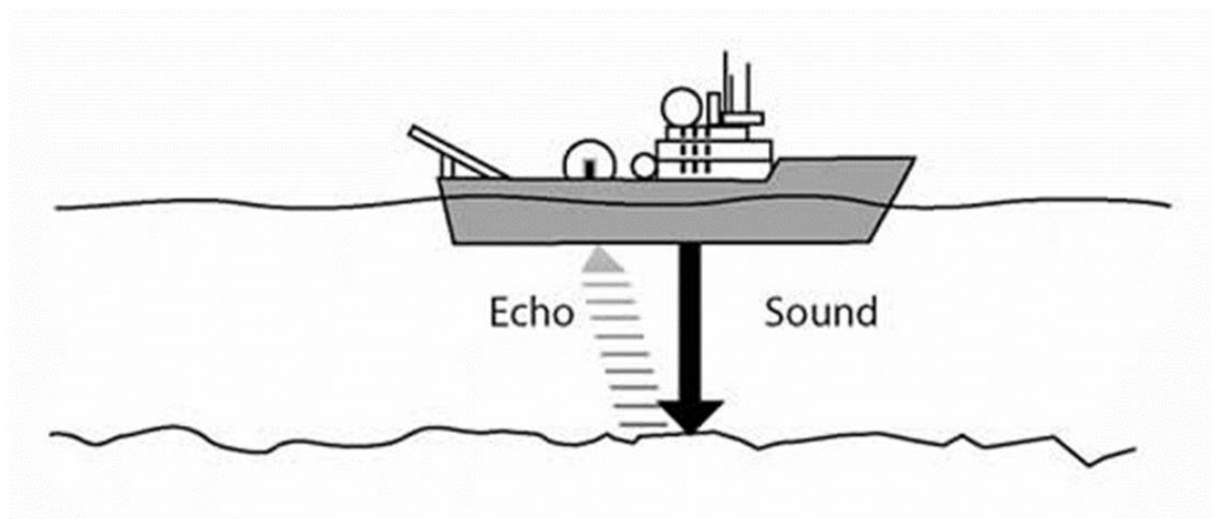
Automaattiohjain on apulaite, joka voi mennä rikki tai olla epätarkka. Automaattiohjain ei osaa väistää muita aluksia. Automaattiohjain ei poista näkö- ja kuulotähystyksen tarvetta.

2.3 Akustisten navigointilaitteiden häiriölähteitä

Akustisten navigointilaitteiden kuten kaikuluotaimen ja lokin kohdalla tulee tietää niiden häiriötekijät. Ilmakuplat ovat suurin häiriötekijöiden aiheuttaja, koska lähetetty pulssi ei etene ilmassa (Österman 2010, 7). Ilmakuplia voi esimerkiksi muodostua aluksen keinumisen ja aallokon takia. Jää estää myös pulssien lähetyksen ja mahdollisesti aiheuttaa mekaanisia vaurioita antureille (MacPhee 1976, 50). Jos vedenpohjan laatu on pulssin etenemisen kannalta huono, loki ei voi saada kunnollista mittaustulosta (Karlsson 2005, 132). Satamassa ja saaristossa alusta ajettaessa veden mukana heiluvat/olevat vesikasvit voivat olla syy väärin mittaustuloksiin, vaikka kartan ja kokemuksen mukaan vettä on tarpeeksi. Jos vedenpohjan laatu on pulssin heijastumisen kannalta huono, ei saada kunnollista mittaustulosta (Karlsson 2005, 138). Jos veden syväys on alapuolella liian suuri, ei välttämättä saada mittaustulosta ollenkaan (Karlsson 2005, 132).

2.4 Kaikuluotain – Echo sounder

Kaikuluotain on kölin alla pystysuoraa veden syvyyttä mittaava akustinen laite. Aluksen pohjassa oleva lähetin lähettää ultraäänipulssin pohjaa kohti. Tämä pulssi osuu pohjaan, josta se heijastuu ja palaa vastaanottimeen. Jos tiedetään pulssin lähetysajankohta ja tuloajankohta, saadaan tieto, kuinka kauan aikaa pulssin lähetyksestä on mennyt. Kun tämän lisäksi tiedetään äänen nopeus vedessä, mikä on veden suolaisuudesta riippuen noin 1500 m/s, voidaan syväys laskea helposti. Jaetaan kulunut aika sekunneissa kahdella ja kerrotaan se arvolla 1500 m/s. Näin yksinkertaistaen kaikuluotain toimii. Laitteistoon kuuluu lähetys- ja vastaanottoanturin lisäksi elektroniikkayksikkö sekä näyttölaite (Heikkinen & Lammi 1989, 291-293.) Käyttäjä voi valita erilaisia hälytysrajoja, joiden alituksesta tulee tieto hälytyksen muodossa integroituun komentosiltajärjestelmään, jos sellainen on käytössä, muuten ei. Hälytysrajoja voi itse säätää. Mittayksikkönä voidaan käyttää metriä tai syliä anglosaksisessa maailmassa. Tällaisia hälytysrajoja voi vaikka olla matalan veden hälytys (shallow water alarm) ja vähäisen veden hälytys (low water alarm). Integroidussa navigointijärjestelmässä käyttäjällä on halutessaan mahdollisuus seurata reaaliaikaista syväystietoa.

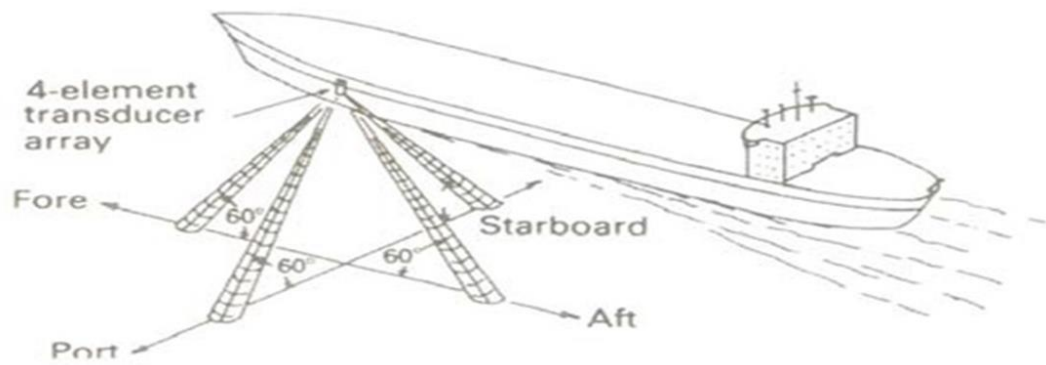


Kuva 2. Kaikuluotaimen toiminta yksinkertaistettuna (Oceanic Imaging Consultants Inc. www-sivut 2017)

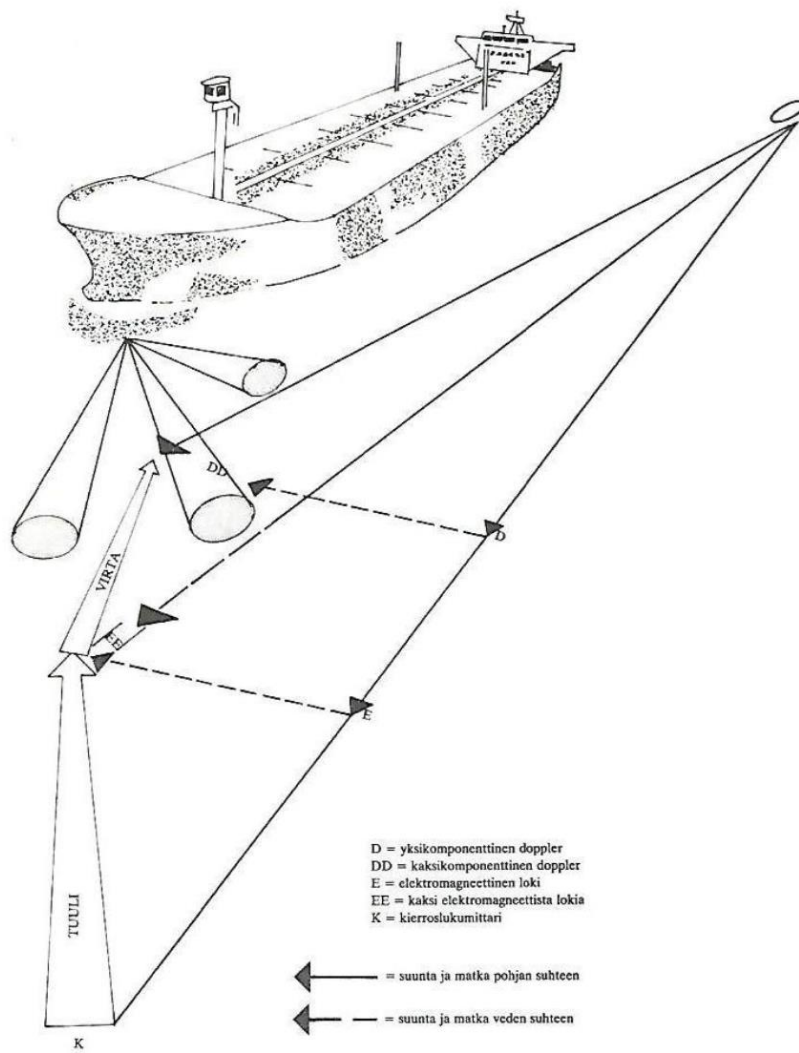
2.5 Loki – log

Loki on aluksen nopeutta veden ja pohjan suhteen mittaava laite, jota voidaan käyttää myös matkan mittaamiseen. Nykyisissä integroiduissa komentosilloissa käytetään ainakin valmistajien internetsivujen mukaan pääasiassa doppler-lokeja tai korrelaatiolokeja. Kaikki muut lokityypit ovat niin sanotusti ”historian lehtien havinaa” ammattimerenkulun kannalta. Mittauksessa käytetään hyväksi Doppler-ilmiötä. Wikipedia lainaus: ”Doppler-ilmiö on aaltoliikkeen taajuudessa, vaiheessa tai aallonpituudessa tapahtuva näennäinen muutos, joka johtuu aaltojen lähteen ja havaitsijan liikkeestä toisiinsa nähden. Lähestyvä kohde painaa lähettämiään impulsseja lyhyemmiksi, etääntyvä vetää ne pitemmiksi.” (Wikipedia www-sivut 2017.)

Integroidussa navigointijärjestelmässä käyttäjällä on mahdollisuus halutessaan seurata reaaliaikaista nopeustietoa. Integroidussa komentosiltajärjestelmässä loki on vain yksi nopeustietoa tuottava laite. Aluksen nopeus voidaan mitata myös satelliittilokilla. Poikkeustapauksessa käyttäjä voi päätellä aluksen noin nopeuden manuaalisesti katsomalla pääkoneen kierrosluvun/lapakulman suuruutta vastaavan taulukkonopeuden. Saatu nopeus on nopeutta veden suhteen, virta ja sorto vaikuttavat nopeuden suuruuteen. Virtakolmion avulla saa selville lopullisen nopeuden pohjan suhteen. Kyseinen menetelmä on vielä käytössä varalla joissain aluksissa. Lokin nopeus voi olla nopeutta veden suhteen tai pohjan suhteen (Karlsson 2005, 132). Nopeus veden suhteen on käytössä vain käyttäjän niin halutessa tai jos tietoa pohjan suhteen ei ole suuresta syvyydestä johtuen mahdollista mitata luotettavasti (Karlsson 2005, 132). Yleisesti voidaan sanoa, että virrasta vapaassa ympäristössä nopeus veden suhteen on sama kuin nopeus pohjan suhteen. Nopeutta veden suhteen ei tästä syystä tule käyttää navigoinnissa, ellei se ole aivan välttämätöntä. Yleensä käytetään nopeutta pohjan suhteen. Lokin mittauskeilojen on tällöin osuttava pohjaan ja sieltä takaisin lähettimeen, jolloin voidaan laskea nopeus. Jos asian haluaa selittää kansankielellä, niin GPS-nopeus on sama asia kuin nopeus pohjan suhteen. Jokainen, joka on ollut huviveneellä merellä pelkällä kompassilla pienessä aallokossa ja tuulella, huomaa, että aluksen keula ei osoita sinne minne ollaan oikeasti kartan mukaan menossa ja nopeuskin on eri kuin tyynellä säällä. Nopeusero veden suhteen ja pohjan suhteen on eri asia! Suunta pohjan suhteen ja suunta veden suhteen on eri asia! (Marine Gyaan www-sivut 2017; Slideplayer www-sivut 2009)



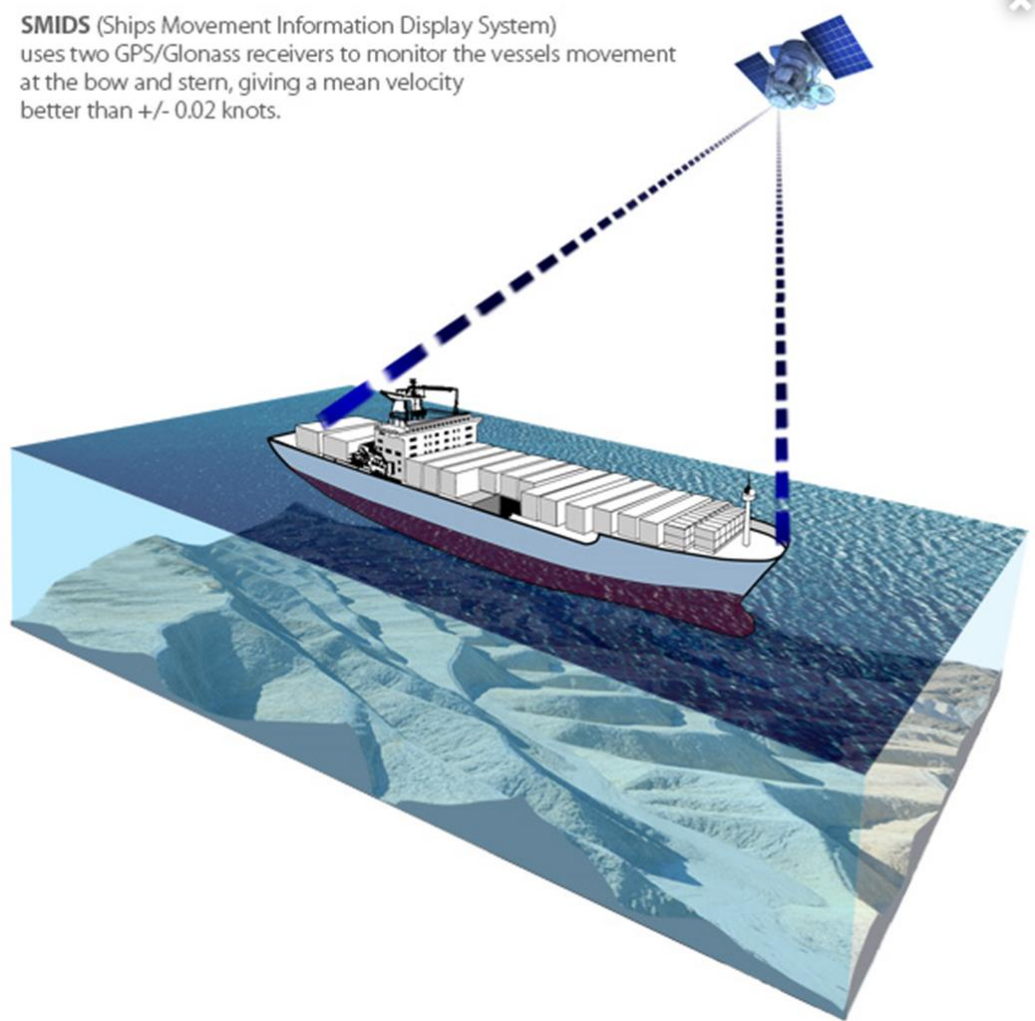
Kuva 3. Nelikeilainen loki (Marine Gyaan www-sivut 2017)



Kuva 4. Eri lokityyppejä (Heikkinen & Lammi 1989)

Muut lokityypit

Nykyään on markkinoilla satelliittilokeja aluksen nopeuden mittaamiseen. Tämän tyyppinen loki vaatii toimiakseen esteettömän paikan aluksesta, koska se vastaanottaa koko ajan tietoa navigointisatelliiteilta. Loki vastaanottaa navigointisatelliiteilta pääsignaalia ja korjaussignaalia, jolla parannetaan pääsignaalin avulla lasketun paikan tarkkuutta. Korjaussignaalin tieto saadaan differentaali GPS- tai SBAS-järjestelmältä. SBAS lyhenne tulee sanoista Satellite Based Augmentation System, mikä voidaan vapaasti suomentaa satelliittipohjaiseksi parannusjärjestelmäksi. Jos korjaussignaalia ei ole tarjolla, laite käyttää vain pääsignaalia. Tarkka nopeus saadaan laskettua kahdella eri satelliittivastaanottimella, jolloin saadaan laskettua keskikihtyyvyys (Telemaruk [www-sivut 2017](#)).



Kuva 5. Satelliittilokin toiminta (Telemaruk [www-sivut 2017](#))

2.6 Kompassi

Kompassi on aluksen keulasuunnan määrittämiseen käytetty laite. Kompasseja on käytössä monta eri tyyppiä riippuen niiden toimintatavasta. On olemassa yleistäen mekaanisia ja sähköisiä kompasseeja. Mekaanisia kompasseeja ovat magneettikompassi ja mekaaniseen hyrrään perustuva hyrräkompassi.

Yksinkertaisin kompassityyppi on magneettikompassi, joka ei vaadi toimiakseen sähköä, mutta käyttäjän tulee tiedostaa eksymän ja erannon vaikutus tarkkuutta arvioitaessa (Suomen Navigaatioliitto 2009, 11). Kaikissa aluksissa on standardikomentosillalla magneettikompassi komentosillan yläpuolella.

Toinen varsinkin huviveneilypuolella käytössä oleva kompassityyppi on fluxgate-kompassi, joka vaatii toimiakseen sähköä. Fluxgate-kompassi on magneettikompassi. Fluxgate-kompassi määrittää sähköisin keinoin kulman veneen kölilinjan ja maan magneetikentän määrittämän meridiaanin välillä. Fluxgate-kompassissa on kaksi käämiä 90 asteen kulmassa. Yksi on veneen pituussuunnassa ja toinen veneen poikittaissuunnassa. Maan magneetikentän vaikutuksesta syntyy käämeihin sähkövirtaa. Mittaamalla sähkövirran suuruus voidaan määrittää veneen kulkusuunta suhteessa magneettiseen meridiaaniin. Fluxgate-kompassi on erantovirheestä vapaa oikein säädettyinä tietyllä alueella (Suomen Navigaatioliitto 2009, 21.) Erantovirheen suuruus on aluekohtainen. Alueen vaihtuessa täytyy säätö tehdä uudelleen (alueesta riippuen muuttuva eranto). Esimerkiksi, jos korjaus on säädetty Turun saariston alueelle ja mentäessä veneellä vaikka Tallinnaan, Tallinnan alueella eranto ei ole sama kuin Turun saaristossa. Silloin saatu suunta ei enää ole erantovirheestä vapaa. Fluxgate-kompassissa ei ole mitään liikkuvia osia ja suunnan mittaus perustuu sähkömagnetismin hyödyntämiseen (Suomen Navigaatioliitto 2009, 21).

Kolmas yleinen kompassityyppi on mekaaninen hyrräkompassi, joka vaatii toimiakseen jatkuvasti sähkövirtaa ja tasaisen alustan (Suomen Navigaatioliitto 2009, 20). Hyrräkompassin toiminta ei perustu magnetismiin millään tavalla, joten erannolla ja eksymällä ei ole mitään tekemistä hyrräkompassin kanssa (Suomen Navigaatioliitto 2009, 20). Hyrräkompassin toiminta perustuu yksinomaan pyörimisliikkeeseen eli pyörimisliikkeen momenttiin (Suomen Navigaatioliitto 2009, 20). Hyrräkompassin

hyrrä saatetaan pyörimisliikkeeseen sähkömoottorin avulla ja tällöin hyrrä alkaa säilyttää suuntaansa avaruuden suhteen. Hyrrät ja sähkömoottori sijaitsevat vaippapallon sisällä. Hyrrä pyörii 20 000 kierrosta minuutissa ja kaksi pyörivää hyrrää antaa hyrräpallolle meridiaanin suuntaisen asennon. Sähköisesti ohjatulla palautusmoottorilla käännetään vaippapalloa. Hyrräkompassin kompassiruuus on kiinteästi kytketty vaippapalloon. Aluksen kääntyessä vaippapallo pyrkii kääntymään aluksen mukana, mutta hyrräpallo säilyttää suuntansa. Hyrräpallon ja vaippapallon välille tulee asentopoikkeama. Asentopoikkeama käynnistää palautusmoottorin, joka kääntää vaippapallon saman suuntaiseksi hyrräpallon kanssa. Hyrräkompassin kompassiruuus on kiinteästi kytketty vaippapalloon. Tällöin kompassiruuus kääntyy osoittamaan hyrräpallon osoittamaa meridiaanin suuntaa. (Pohjola 1977, 92- 94.) Hyrräkompassi pyrkii mittaamaan maan pyörimisakselin suuntaa. Se vaatii niin sanotun käynnistys- ja kalibrointiajan, jotta se alkaa näyttää oikeaan suuntaan (Raytheon Anschütz www-sivut 2017). Sen antamaa suuntaa voidaan pitää tosisuuntana. Käyttäjän on kuitenkin hyvä tiedostaa vauhti- ja kiihtyvyydevirheen vaikutus suunnan tarkkuuteen (Suomen Navigaatioliitto 2009, 20). Vauhtivirhettä kutsutaan myös pohjoiseenkulkuvirheeksi (Heikkinen & Lammi 1989, 272-279). Vauhtivirheen suuruus on riippuvainen aluksen nopeudesta, latitudista ja kulkusuunnasta. Kiihtyvyydevirheen aiheuttaa aluksen suunnan ja vauhdin muutos (Pohjola 1977, 95). Integroidussa navigointijärjestelmässä on kyseisten virheiden automaattinen korjaus, jolloin saatua suuntaa voidaan pitää tosisuuntana. Vauhtivirheen korjaaminen tapahtuu korjaustaulukon avulla, josta saadaan kompassin virheen suuruus katsottua. Tämä tapahtuu integroidussa navigointijärjestelmässä paikkatiedon, nopeustiedon ja hyrrän suunnan avulla. Näin saadaan automaattisesti laskettua korjaus vauhtivirheelle. Korjaus lisätään hyrrän tuottamaan suuntatietoon ja tuloksena on korjattu tosi suunta. Tämän tosisuunnan hyrrä näyttää ja lähettää sen muille laitteille. Jos aluksessa on kaksi hyrrää ja jostain syystä niiden antama suuntatieto eroaa liian paljon toisistaan, tulee hälytys ECDIS-laitteelle. Sama juttu, jos toinen hyrrä lakkaa toimimasta.

Muita hyrräkompassityyppejä, kuten laserhyrräkompassi ja kuituhyrräkompassi, on myös tullut markkinoille. Laserhyrräkompassi on kallis verrattuna mekaaniseen hyrräkompassiin. Kuituoptisten hyrräkompassien hinnat ovat olleet laskusuunnassa. Laserhyrräkompassissa ja kuituhyrräkompassissa ei ole mekaanisia liikkuvia osia,

joten ne tarvitsevat vähemmän huoltoa ja kestävät vikaantumatta pidempään. Niissä voi periaatteessa esiintyä vauhti- ja kiihtyvyydevirhettä, mutta ne ovat vapaita eksymästä ja erannosta. Laserhyrrä- ja kuituhyrräkompasseissa on yksi virhetyyppi, jota ei muissa kompasseissa ole, nimittäin ryömintävirhe (Suomen Navigaatioliitto 2009, 21-23.) Laserhyrrä- ja kuituhyrräkompasseissa laskettu vikaantumisväli on suurempi kuin mekaanisella hyrräkompassilla.

GPS-kompassi

Mielenkiintoisin uutuus on GPS-kompassi, jonka antenni kaikkien satelliittivastaanottimien tapaan tulee sijoittaa avoimelle paikalle, jotta yhteys satelliitteihin säilyy. Kyseinen kompassityyppi on elektroninen ja vaatii toimiakseen sähköä, mutta käynnistysaika on lyhyt. GPS-kompassi vaatii toimiakseen vähintään kaksi GPS-antennia, jolloin voidaan määrittää aluksen suunta ja paikka aluksen ollessa paikallaan (Suomen Navigaatioliitto 2009, 22). Vikaväli on suuri. GPS-kompassi on paljon halvempi kuin hyrräkompassit tällä hetkellä

. GPS-kompassista saadaan myös aluksen sijaintitieto sitä tarvitseville laitteille (Österman 2010, 6).



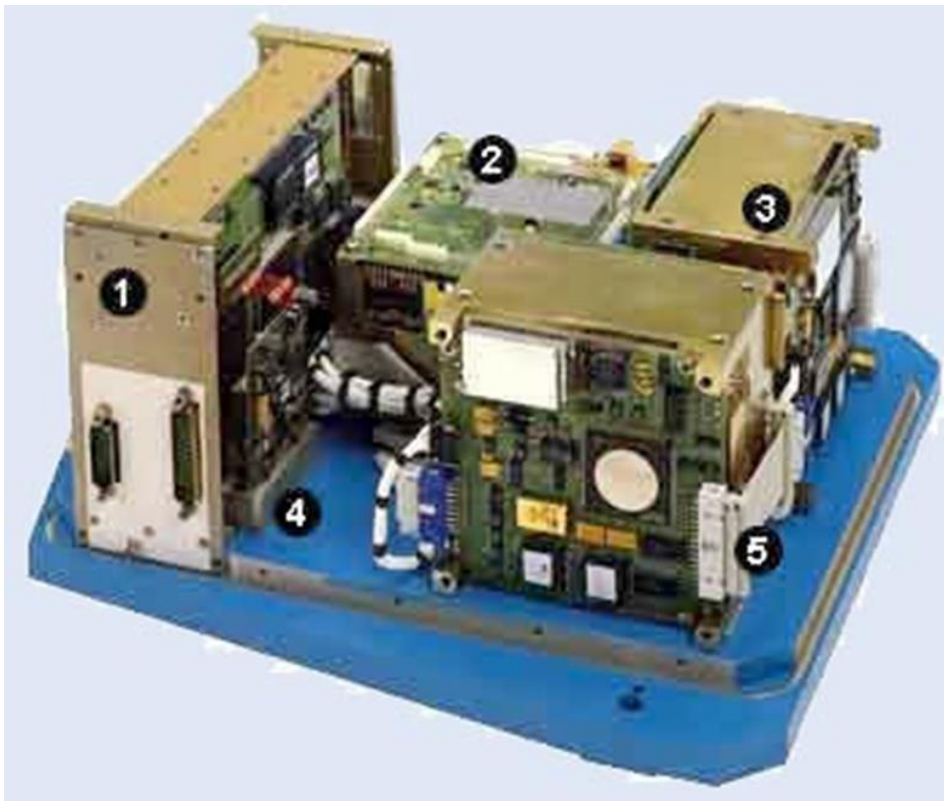
Kuva 6. Satelliittikompassi ja näyttöyksikkö (Nauticexpo [www-sivut](http://www.nauticexpo.com) 2017)



Kuva 7. Hyrräkompassi (Ship Technology www.sivut 2017)



Kuva 8. Laserhyrräkompassi (Kongsberg Maritime www.sivut 2017)



Kuva 9. Kuituhyrräkompassi ilman kantta (Austin Insulators Inc www-sivut 2017)

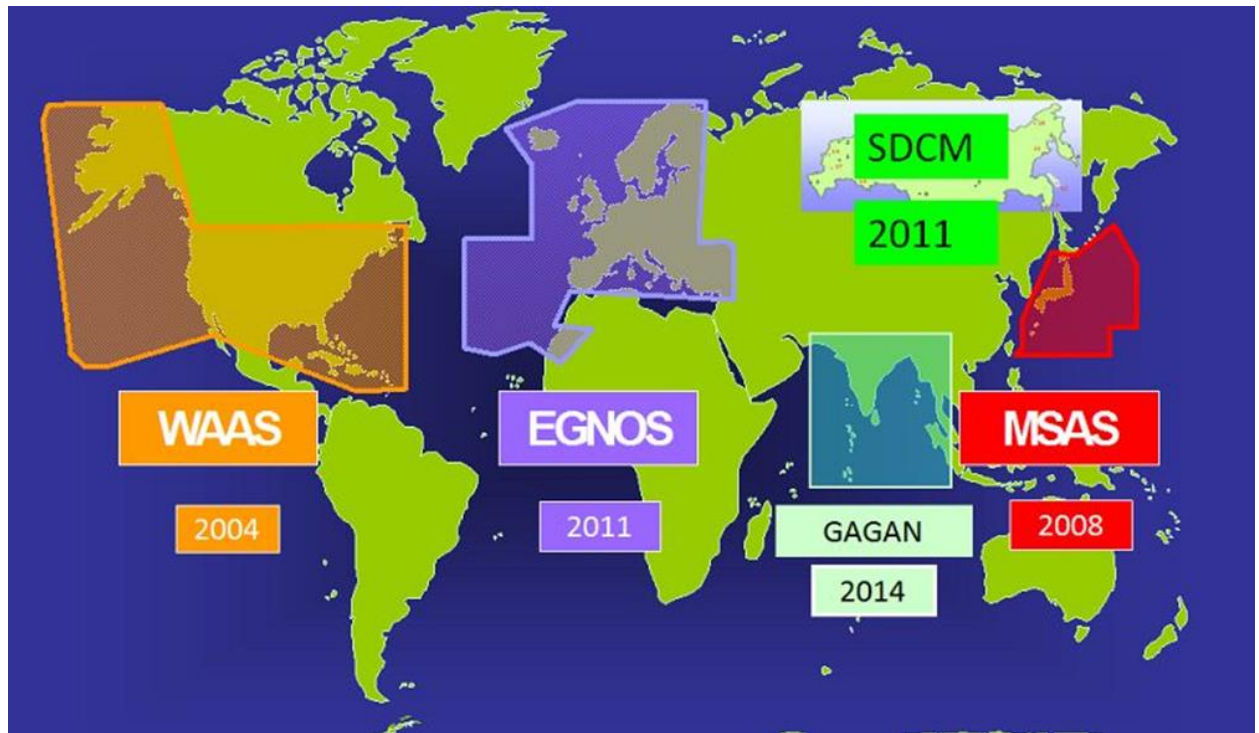
2.7 Satelliittinavigointijärjestelmät ja korjaussignaalin lähetyspalvelut

Monta erilaista globaalia navigointisysteemiä on käytössä ja rakenteilla tällä hetkellä. Käytössä olevien satelliittinavigointijärjestelmien rinnalla on myös korjaussignaalin lähetyspalveluja. Niiden avulla epätarkka paikka voidaan paikallisesti korjata tietyllä alueella tarkemmaksi. Korjaussignaalin lähetyspalveluja kutsutaan virallisesti lyhenteellä SBAS eli Satellite Based Augmentation System, joka on suomeksi satelliittipohjainen parannusjärjestelmä (Wikipedia). Tarve saada korjaussignaalin lähetyspalvelu tuli ensin merenkulkulun puolelta (Wikipedia) ja sen käyttö levisi lentoliikenteen puolelle, jotta lentokoneiden laskeutuminen lentokentälle onnistuisi ilman kiinteitä ja tilaa vieviä laskeutumisjärjestelmiä (Federal Aviation Administration www-sivut 2009). Tällä hetkellä globaalit käytössä tai rakenteilla olevat satelliittinavigointijärjestelmät ovat amerikkalainen GPS, venäläinen GLONASS, eurooppalainen GALILEO ja kiinalainen Beidou, joka tunnetaan myös

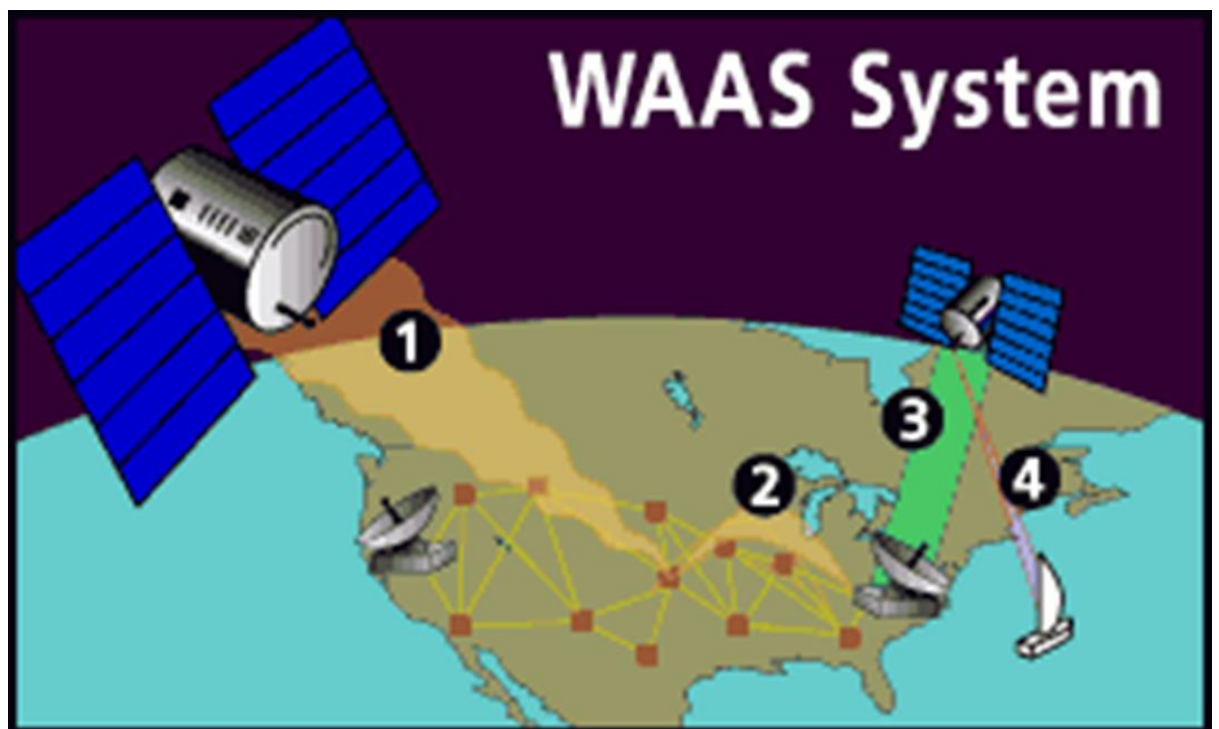
nimellä COMPASS. Satelliittinavigointijärjestelmiä kutsutaan virallisesti GNSS-järjestelmiksi, jonka lyhenne tulee sanoista Global Navigation Satellite System. Järjestelmät lähettävät vähintään kahta signaalia, joista toinen on yleensä salattu, tarkempi ja vain sotilaskäyttöön tarkoitettu. Toinen epätarkempi signaali on salaamaton ja kaikkien käytössä.

Tarkkuuden parantaminen korjaussignaaleilla

Kaikkien käytössä olevaa epätarkempaa signaalia voidaan tarkentaa korjaussignaalin avulla. Korjaussignaalin tuottavia järjestelmiä on monta. Ne ovat järjestelmä- ja aluekohtaisia. Merenkulussa on käytössä Differentiaali GPS-palvelu, jossa maa-asemat lähettävät tiedon aluksille (Wikipedia [www-sivut 2017](#)). Tämä järjestelmä on viralliselta nimeltään GBAS eli Ground Based Augmentation System, joka on suomeksi maapohjainen parannusjärjestelmä (Wikipedia). Tiedon vastaanottaminen vaatii alukselta DGPS-antennin olemassaolon. Muut GPS signaalin tarkennusspalvelut ovat EGNOS, WAAS, GAGAN ja MSAT. Niiden korjaustieto toimitetaan käyttäjille satelliittien avulla, jolloin tavallinen GPS/Glonass-vastaanotin riittää. Jos korjaussignaali on saatavilla, vastaanotin saa tarkemmin laskettua paikan. Tämä ei vaadi käyttäjältä mitään toimenpiteitä. GPS-signaalin korjauspalveluita ovat muun muassa seuraavat: Amerikan alueella on järjestelmä nimeltään WAAS. Euroopassa vastaava järjestelmä on nimeltään EGNOS. Japanissa vastaava järjestelmä on nimeltään MSAT. Intian alueella vastaava järjestelmä on nimeltään GAGAN. Venäläisellä Glonass-järjestelmällä on yksi järjestelmä, nimeltään SDCM. (Wikipedia [www-sivut 2017](#))

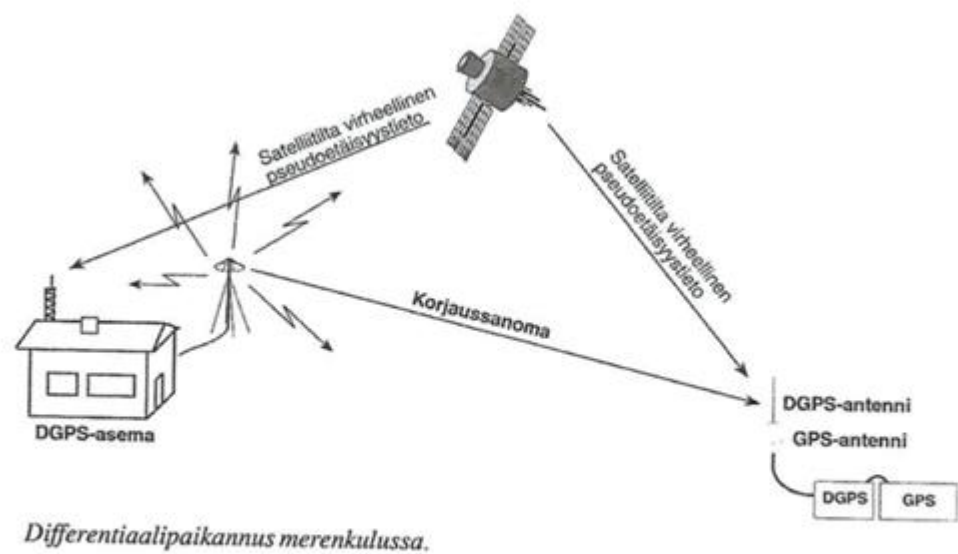


Kuva 10. Korjaussignaalin lähetyspalvelut ja käyttöönottovuodet (Wikipedia)



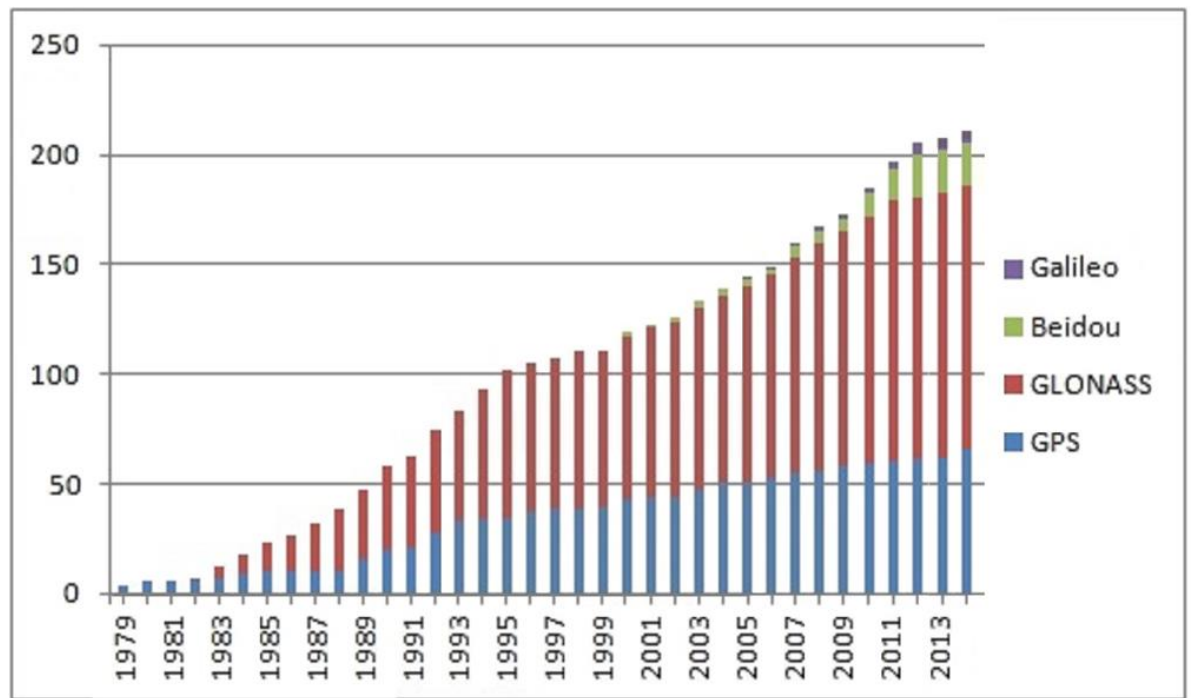
Kuva 11. Korjaussignaalin tuottaminen ja lähetys käyttäjille (Garmin www-sivut 2017)

Korjaussignaalin tuottaminen perustuu seuraavan tekniikan hyväksikäyttöön. Aluksi tulee tietää todella tarkkaan maa-aseman vastaanottimen paikka. Tämän jälkeen navigointisatelliitin tuottamaa paikkatietoa verrataan maa-aseman tarkkaan paikkaan. Mitatun ja tarkan paikan välillä on ero, joka voidaan määrittää. Eron perusteella voidaan laskea vaadittu korjaus. Korjaus lähetetään maa-asemalta satelliitille. Satelliitti lähettää sen kaikille lähetyalueella oleville korjaussignaalia vastaanottaville vastaanottimille. Tämä tapahtuu todellisuudessa monen satelliitin ja mittausasemaverkoston avulla suuremmissa mittakaavassa.



Kuva 12. Differentiaali GPS-korjaussignaalin tuottaminen ja lähetykseen käyttäjille (Karlsson 2005)

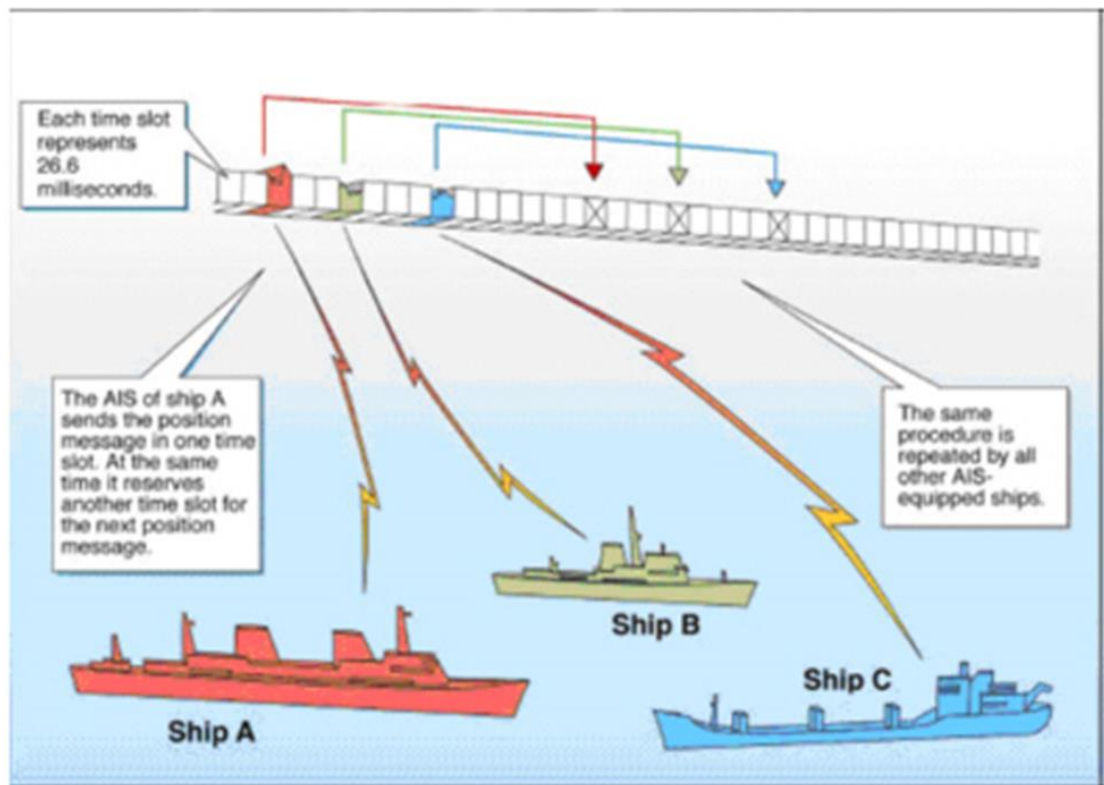
Huomaa: Differentiaali GPS:n tapauksessa ainut ero korjaussignaalin jakamisessa on seuraavanlainen. Differentiaali GPS:n tapauksessa vain maa-asema hoitaa lähetyksen. Differentiaali GPS:n tapauksessa tietoa ei välitetä satelliitin avulla. Tämä jakaminen tapahtuu todellisuudessa mittausasemaverkoston avulla suuremmissa mittakaavassa. Suomessa Liikennevirasto on vastuussa Differentiaali GPS-tiedon tuottamisesta, jakelusta ja mittausverkoston ylläpidosta. (Liikenneviraston www-sivut 2017)



Kuva 13. Laukaistujen GNSS-järjestelmien ja satelliittien määrän kehitys vuodesta 1978 vuoteen 2013 (Wikipedia)

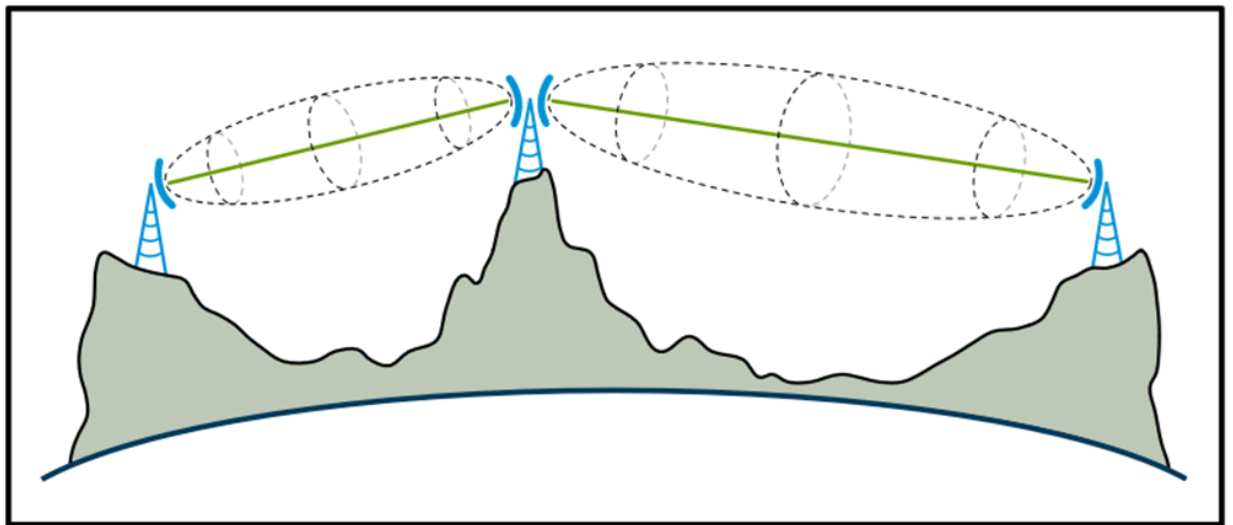
2.8 AIS – Automatic Identification System

AIS on aluksella oleva järjestelmä, joka lähettää aluksen tunnistus-, suunta-, nopeus-, paikka-, liike- ja navigational status -tietoja muille laivoille sekä vastaanottaa vastaavia tietoja muilta aluksilta. Status viittaa aluksen navigoitavaan tilaan. Alus voi esimerkiksi liikkua käyttäen konetta tai purjeita tai se on ankkuroitu tai ohjauskyvytön tai sillä on rajoittunut ohjauskyky (U.S. Coast Guard Navigation Center [www-sivut](http://www.uscg.gov) 2017). Käyttäjä voi muuttaa tilan kulloinkin tilanteeseen sopivaksi. AIS:in kautta pystyy lähettämään muille lyhyitä viestejä ja tietoja tulopaikasta ja tuloajasta (Marine insight [www-sivut](http://www.marineinsight.com) 2017). AIS:in toiminta perustuu TDMA (Time Division Multiple Access) eli aikajakokanavointiin, jossa on ”yksi ajanjakso jaettu moneen yhtä suureen pieneen lähetyksjakssoon” (Wikipedia [www-sivut](http://www.wikipedia.org) 2017). Jokainen laiva lähettää omalla lähetyksjaksollaan oman tietonsa säännöllisin välein. Lähetyksen määrä riippuu aluksen nopeudesta. Nopeammin liikkuva alus lähettää useammin tietoa kuin hitaampi alus. Kuva 14 kertoo tarkemmin, miten se käytännössä tapahtuu.



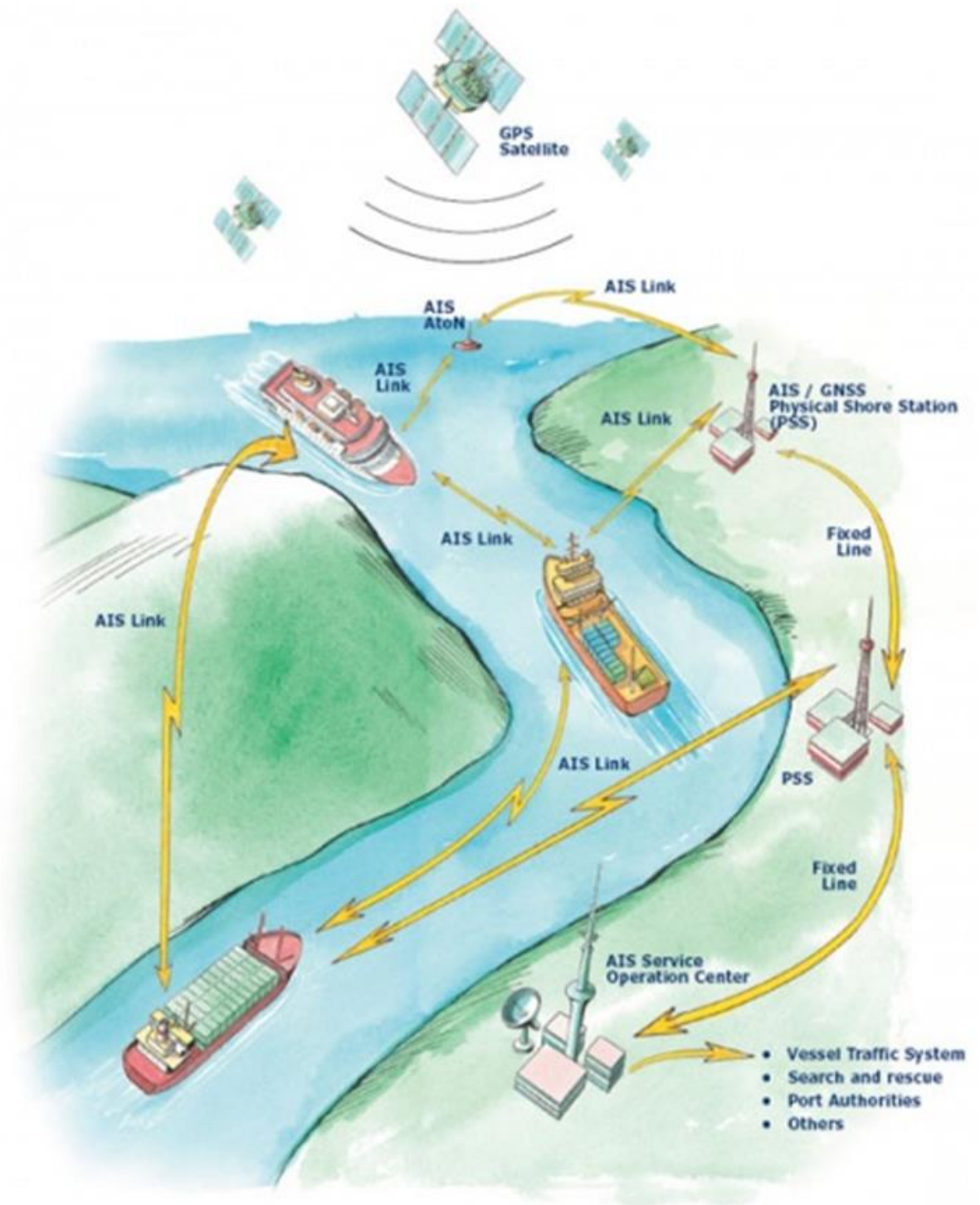
Kuva 14. TDMA-tekniikka ja AIS (Wikipedia)

AIS-lähettimen lähetysteho on rajattu, joten vastaanottimen kantama on pienempi kuin VHF-radion. Kantamaan vaikuttaa myös lähettimen antennin korkeus (Viestintävirasto 2010, 11). Kaikelle sähkömagneettiselle säteilylle VHF-alueella on tyypillistä, että säteily ei läpäise metallia ja muita kiinteitä aineita kovin hyvin. Käytännössä kaikessa VHF-alueella tapahtuvassa radioaaltojen etenemisessä tulee ottaa huomioon line of sight-periaate/ilmiö. Line of sight-periaatteen mukaan lähettimen ja vastaanottimen tulee koko ajan ”nähdä” toisensa koko lähetyksen ajan. VHF-säteily ja merenkulikututkan säteily ei kaarra horisontin taakse niin hyvin kuin HF-säteily, MF-säteily. Merenkulikututkan radioaallot taipuvat vain vähän eli tutka ”näkee” noin 7.2 % pitemmälle kuin ihmisen silmä. VHF, HF ja MF ”näkevät” huomattavasti kauemmaksi eli nämä taajuudet taipuvat tai heijastuvat ilmakehän kerroksista enemmän kuin merenkulikututkan radioaallot. (Wikipedia www-sivut 2017) Yleisesti säteilystä/radioaaltojen ominaisuuksista voidaan sanoa seuraavaa: matalamman säteilyn taajuuden ja pidemmän aallonpituuden omaava radioaalto/säteily etenee pidemmän matkan kuin korkean taajuuden ja lyhyen aallonpituuden radioaalto/säteily tasaisella pinnalla.



Kuva 15. Line of sight-radioaallon eteneminen (Wikipedia)

Kuvan 15 oikealla puolella oleva lähetin ei voi lähettää tietoa suoraan vasemmalla puolella olevalle asemalle. Suoraa, estevapaata kontaktia ei voi muodostua keskellä olevan vuoren takia. Jos tieto halutaan perille, välittämiseen tarvitaan keskellä olevaa asemaa. Tätä line of sight-periaate käytännössä tarkoittaa.



Kuva 16. Havaintokuvasta näkee, mistä osista AIS-verkosto koostuu. (River Information Services [RIS] www-sivut 2017)

AIS-laite vaatii esteettömän paikan, jotta se kykenee lähettämään ja vastaanottamaan tietoa. Kuvan 16 perusteella voi päätellä seuraavia asioita: Laivasta toiseen laivaan voidaan lähettää tietoa. Laivasta maa-asemalle voidaan lähettää tietoa. Maa-asemalta

laivaan voidaan lähettää tietoa. Maa-asemat voivat lähettää tietoa toisilleen. Jotkin merimerkit on myös varustettu AIS-lähettimellä. Näin toimittaessa maantieteellisen esteen takana oleva laiva voi saada tiedon toisesta laivasta ennen kuin se voidaan nähdä mutkan takaa visuaalisesti tai tutkan avulla. AIS-tietoa voivat hyödyntää toiminnassaan kauppalaivat, huviveneet, sotalaivat, pelastusviranomaiset, VTS-palvelu, satamaviranomaiset ja muut tätä tietoa tarvitsevat tahot. AIS-tiedon vastaanottamiseen tarvitaan AIS-laite ja meri-VHF-antenni AIS-laitteeseen. Laite vaatii toimiakseen sähköä. Laitteessa voi olla oma satelliittinavigointijärjestelmän vastaanotin tai tieto positiosta voidaan tuoda erilliseltä vastaanottimelta. Käytössä on luokka A ja luokka B AIS-laitteita (U.S. Coast Guard Navigation Center www-sivut 2017). Luokan A laitteet on tarkoitettu ammattimerenkulkuun ja luokan B laitteet huviveneilyyn. Luokan A laitteiden lähettämä tietomäärä on suurempi ja monipuolisempi kuin luokan B laitteiden, tosin ne ovat kalliimpia. Luokan A laitteiden lähetysteho ja kantama on suurempi kuin luokan B laitteiden. AIS-laite voi sekä lähettää että vastaanottaa tai vain vastaanottaa (Österman 2010, 5-6.) Luokan A AIS-laite on pakollinen kaikissa yli 300 GT aluksissa ja kansainvälisessä liikenteessä olevassa aluksissa ja kaikissa matkustaja-aluksissa. AIS-viestien lähetykseen ja vastaanottoon on varattu kaksi meri-VHF-kanavaa, kanavat 87 ja 88 (Marine insight www-sivut 2017). Niitä kutsutaan virallisesti AIS 1 ja AIS 2 kanaviksi (Österman 2010, 5). Luokka A AIS-lähtetimen tiedot voidaan jakaa neljään ryhmään. (Marine insight www-sivut 2017)

1. Staattiseen tietoon (Lähetysväli on 6 minuuttia.)

- MMSI-numero
- IMO-numero
- aluksen nimi ja kutsumanimi
- aluksen pituus ja leveys
- laivan tyyppi
- AIS-antennin paikka laivassa

2. Dynaaminen informaatio (Lähetysväli riippuu nopeudesta ja aluksen kurssin muutoksesta. Lähetysväli on 3 min – 2 s.)

- aluksen paikkatieto ja paikkatiedon tarkkuus
- paikkatiedon saantiajankohta (UTC)
- Course Over Ground (COG) – Suunta Pohjan Suhteen (SPS)

3. Matkaan liittyvät tiedot (Lähetysväli on 6 minuuttia.)

- aluksen syväys
- lastin tyyppi
- määränpää ja arvioitu tuloaika
- reittisuunnitelma (reittipisteet)

4. Lyhyet turvallisuuteen liittyvät viestit (tarvittaessa)

Tässä kohtaa voi olla vaikka 0.7 nm CPA-vaatimus tai jäänavigoinnissa rännin alkupaikka.

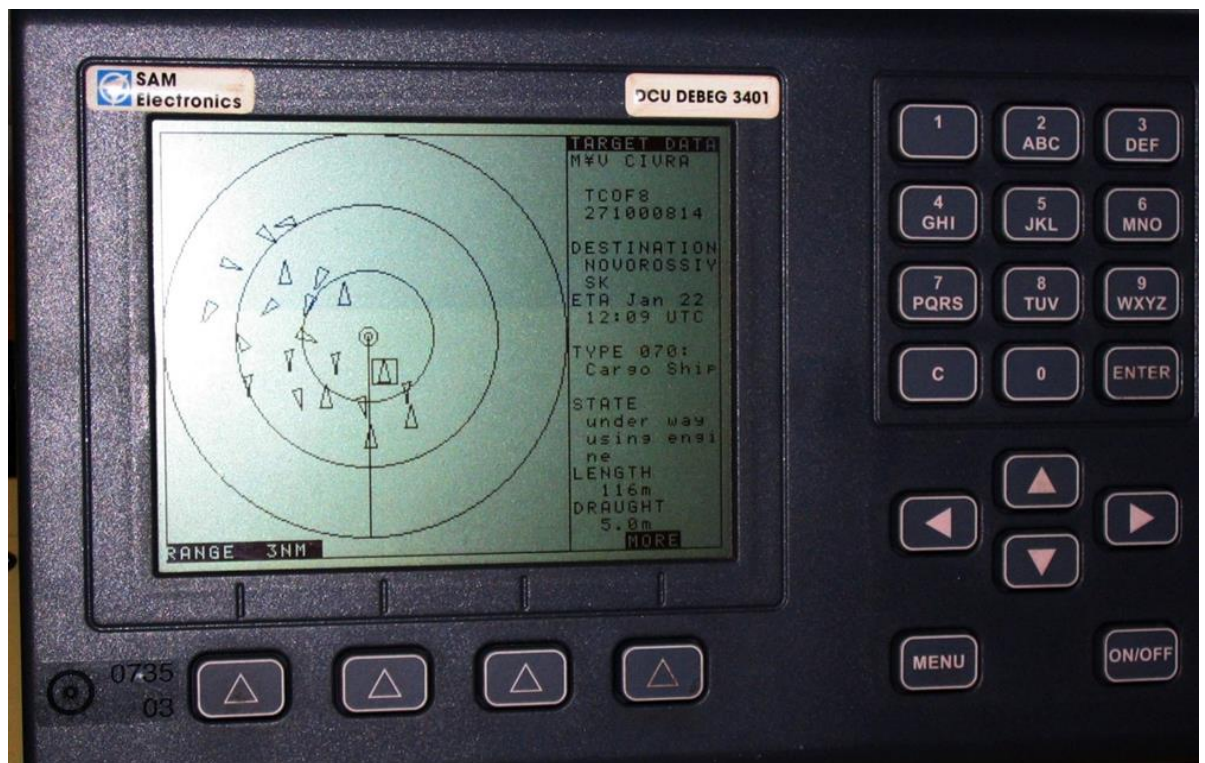
Alla on tarkempi selitys, kuinka usein tietoa aluksen dynaamisesta informaatiosta lähetetään. Kyseessä luokan A laitteen lähetysväli.

	Ei muuta kurssia	Muuta kurssia
Ankkuroitu tai laiturissa kiinni	3 minuuttia	3 minuuttia
0 - 14 solmua	10 sekuntia	3 1/3 sekuntia
14 - 23 solmua	6 sekuntia	2 sekuntia
yli 23 solmua	2 sekuntia	2 sekuntia

(Arundale www-sivut 2017)

AIS-laitteessa on oma satelliittivastaanotin integroituna tai siinä voi käyttää ulkoista satelliittivastaanotimen antennia. Laitteessa on pieni näyttö tietojen katseluun ja siltä saatuja tietoja voi katsoa ECDIS-näytöltä. ECDIS-laitteella AIS-maalin seurantaan ottaminen tapahtuu samalla tavalla kuin tutkamaalin. Tällöin ECDIS pystyy saamaan kohtien 1-4 tiedot. Huviveneissä AIS-tieto voidaan näyttää karttaplotterissa.

Tärkeä on muistaa, että kaikki tutkalla ja AIS-laitteella saatu tieto on historiatietoa. Viive on kolmesta minuutista kahteen sekuntiin, laivakohtainen asia. Ikkunasta ulos katsominen on suositeltavaa eli näkötähystys on vielä tarpeen. AIS on vain yksi navigoinnin apuväline ja sen antama tieto voi olla virheellistä.

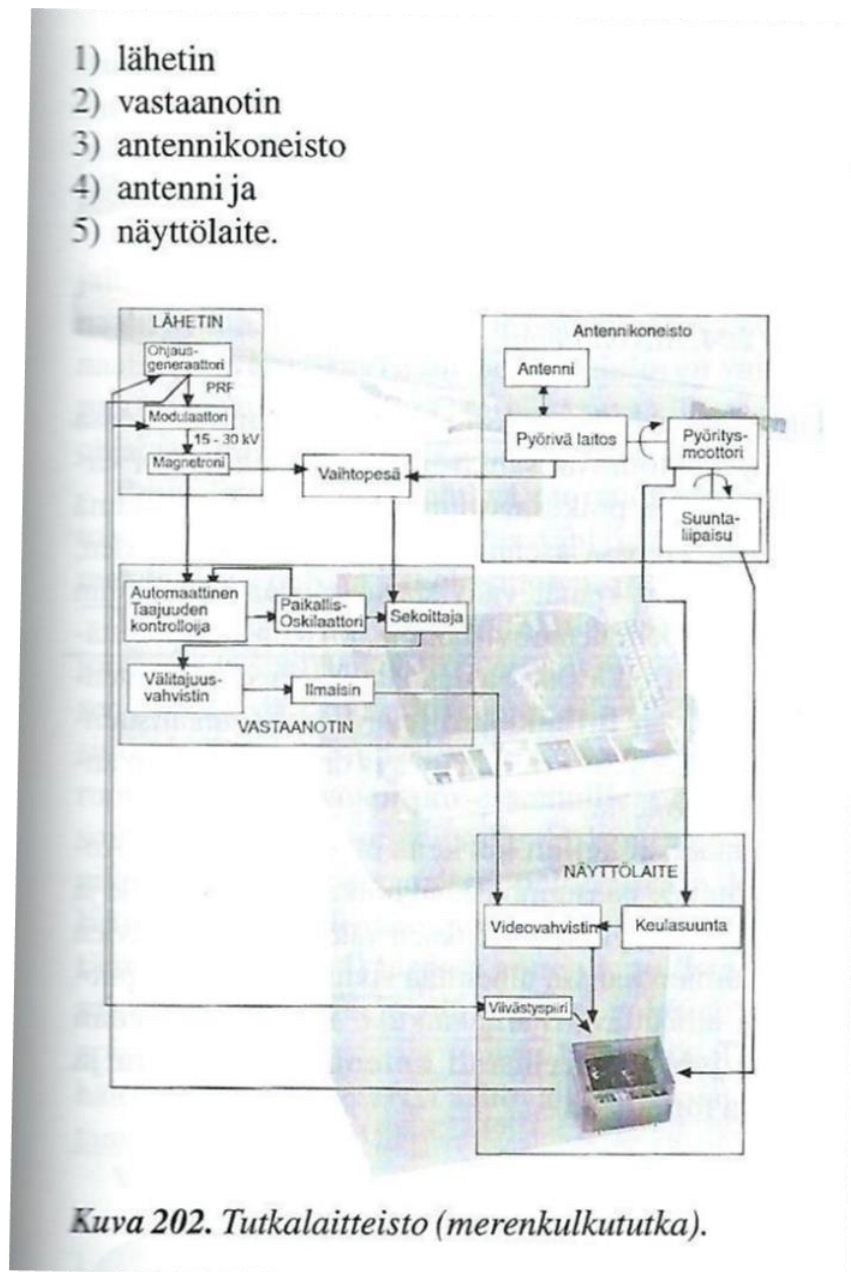


Kuva 17. AIS-laitteen kuva (Wikipedia)

2.9 ARPA-tutka

Tutkan pääkomponentit ovat lyhyesti seuraavat: Lähetin luo lähetettävän pulssin, joka menee antennille (Karlsson 2005, 181). Antenni lähettää ja vastaanottaa kohteesta heijastuneen pulssin. Antennin pyörittämiseen tarvitaan antennikoneisto eli sähkömoottori. Vaimentunut, vastaanotettu, kohteesta heijastunut pulssi menee vastaanottimeen, jossa vastaanotettu signaali käsitellään ja muutetaan tutkapulssin heijastaneen kohteen suunnaksi ja etäisyydeksi. Tieto näytetään näyttölaitteella käyttäjälle. Näyttölaitteella olevaa tietoa prosessoidaan ARPA-yksikössä, jolloin saadaan laskettua muun muassa CPA, TCPA ja muita tietoja. (Karlsson 2005, 181-

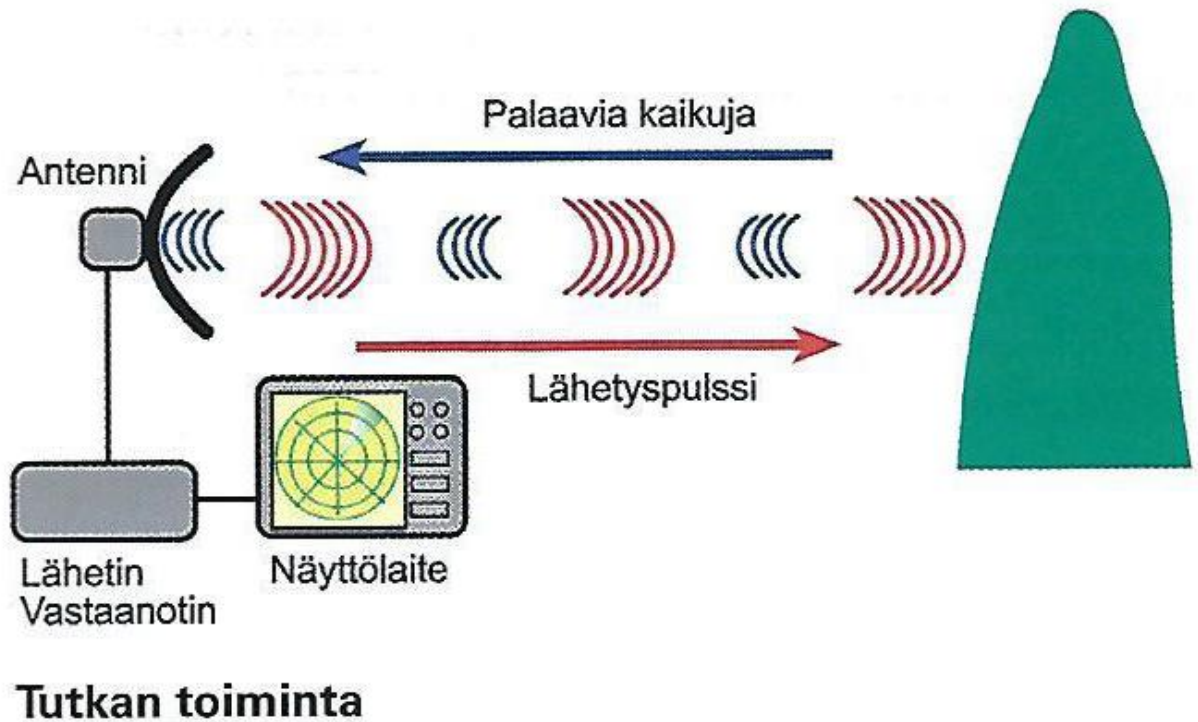
183.) CPA eli Closest Point Of Approach on lähin sivuutusetäisyys. TCPA eli Time Closest Point Of Approach on lähimmän sivuutusetäisyyden aika. ARPA-lyhenne tulee sanoista Automatic Radar Plotting Aid. Se tunnetaan paremmin merenkulkututkana. (Heikkinen & Lammi 1989, 231.)



Kuva 18. ARPA-tutkan osat (Karlsson 2005)

Ammattimerenkulussa toistaiseksi käytettävät tutkat ovat pulssitutkia (Yachting Magazine www-sivut 2017), jolloin lähetys ja vastaanotto tapahtuvat eri aikaan. X- ja S-bandin tutkista puhutaan yleisesti.

Pulssitutkan toiminta



Kuva 19. Tutkan toiminta (Suomen Navigaatioliitto 2009)

Pulssitutkan toimintaperiaate on yksinkertainen. Tutkan lähetin/vastaanottoyksikkö menee lähetystilaan ja lähettää antennin kautta pulssin. Lähetysten jälkeen tutkan lähetin/vastaanottoyksikkö menee vastaanottotilaan ja palaava kaiku/palaavat kaiut tulevat vastaanottoimeen. Jos ei ole estettä/kohdetta, josta pulssi voisi heijastua, ei tule palaavia kaikuja. Pulssin tieto muutetaan näyttölaitteessa kuvaksi tutkan käyttäjälle näyttölaitteelle (Suomen Navigaatioliitto 2009, 91).

X- ja S-bandien tutkien erot ja yhtäläisyydet

X- ja S-bandin tutkien lähete on erilainen. X-bandin tutkan lähetteen aallonpituus on 3 cm ja sen taajuus on 9 GHz (Karlsson 2005, 181). Käyttäjä voi laskea aallonpituuden itse kaavalla.

$$\frac{300}{\text{MHZ}} = \text{aallonpituus metreinä}$$

Kuva 20. Tutkan aallonpituuden laskentakaava (Viestintävirasto 2010)

Esimerkki 1. 9 GHz X-bandin tutkan aallonpituuden laskeminen menee näin: $300/9000=0,03$ m. X-bandin tutkaa kutsutaan ammattikielessä kolmen centin tutkaksi.

S-bandin tutkan lähetteen aallonpituus on 10 cm ja sen taajuus on 3 GHz (Karlsson 2005, 181). Sen voi laskea kaavalla (kuva 20). *Esimerkki 2.* 3 GHz X-bandin tutkan aallonpituuden laskeminen menee näin: $300/3000=0,1$ m. S-bandin tutkaa kutsutaan ammattikielessä kymmenen centin tutkaksi.

X-bandin tutka havaitsee herkemmin sadepilvet ja ukkoskuurot, toisin kuin S-bandin tutka. Tämä tarkoittaa sitä, että X-bandin tutkasta käyttäjän näytölle tuleva kuva on terävämpi kuin S-bandin tutkalla tuotettu kuva. Tämän takia huonolla säällä kannattaa käyttää S-bandin tutkaa, jos suinkin on mahdollista. Kuva 21 kertoo kaiken tarvittavan. (Karlsson 2005, 187.)

Aallon pituus	Kantama pienenee (noin %)		
	Heikko sade	Voimakas sade	Voimakas sumu
10 cm	10 %	20 %	40 %
3 cm	20 %	70 %	50 %

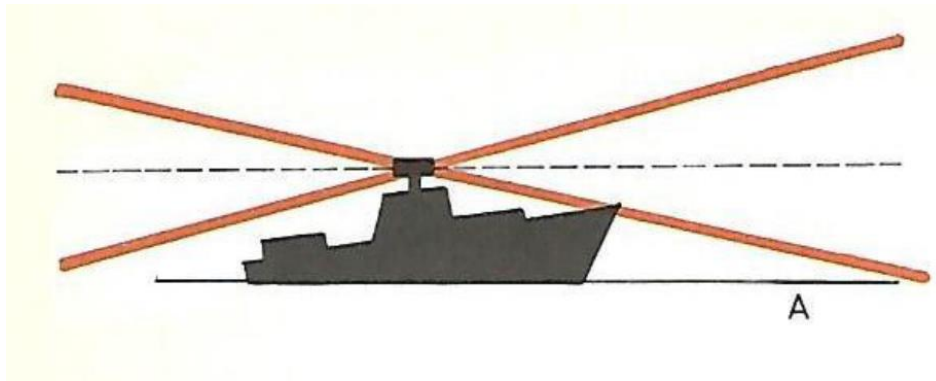
Kuva 214. Ilmakehän kosteuden vaikutus merenkulikututkaan.

Kuva 21. Tutkan kantama ja säätila (Karlsson 2005)

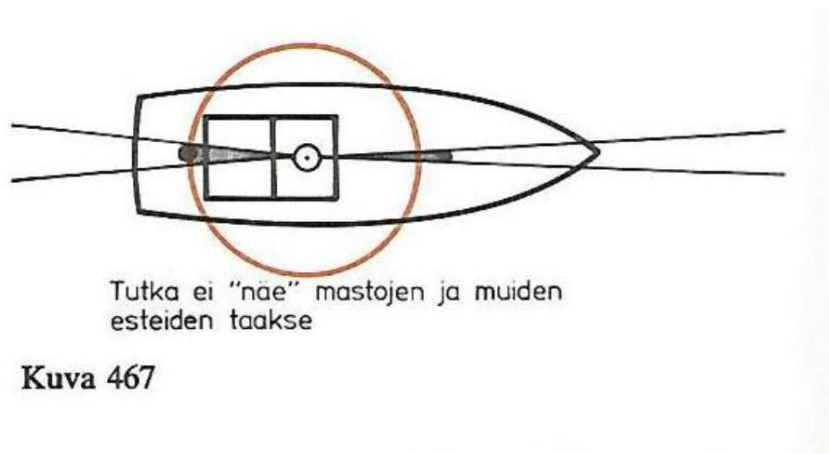
Antennien koko verrattaessa X- ja S-bandin tutkaan on erilainen. S-bandin tutka on isompi. Se johtuu 10 centin aallonpituudesta. X- ja S-bandin tutkan mikroaaltosäteily taipuu horisontin taakse. X-bandin tutka kykenee havaitsemaan SART eli Search And Rescue Transponder -lähetteen, toisin kuin S-bandin tutka (Viestintävirasto 2010, 58).

Merenkulkututkien yleisiä ominaisuuksia

Tutka säteilee vaakatasossa ja pystytasossa. Pystytasossa säteilyn kulma on suuri, jotta aluksen kallistelusta huolimatta saadaan riittävästi tietoa kuvan muodostamiseksi näytölle. Vaakatasolla säteilyn kulma on riippuvainen antennin pituudesta.



Kuva 22. Tutkan säteilyalue (Heikkinen & Lammi, 1989)



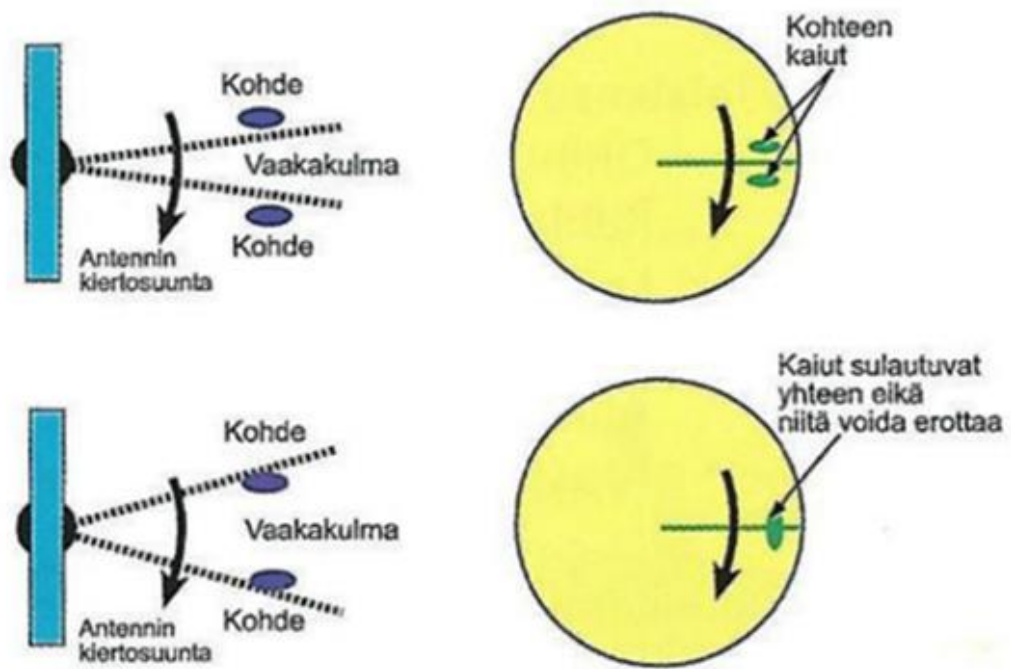
Kuva 23. Laivan rakenteista johtuvat tutkan katvealueet (Heikkinen & Lammi, 1989)

Tutka-antennityyppejä

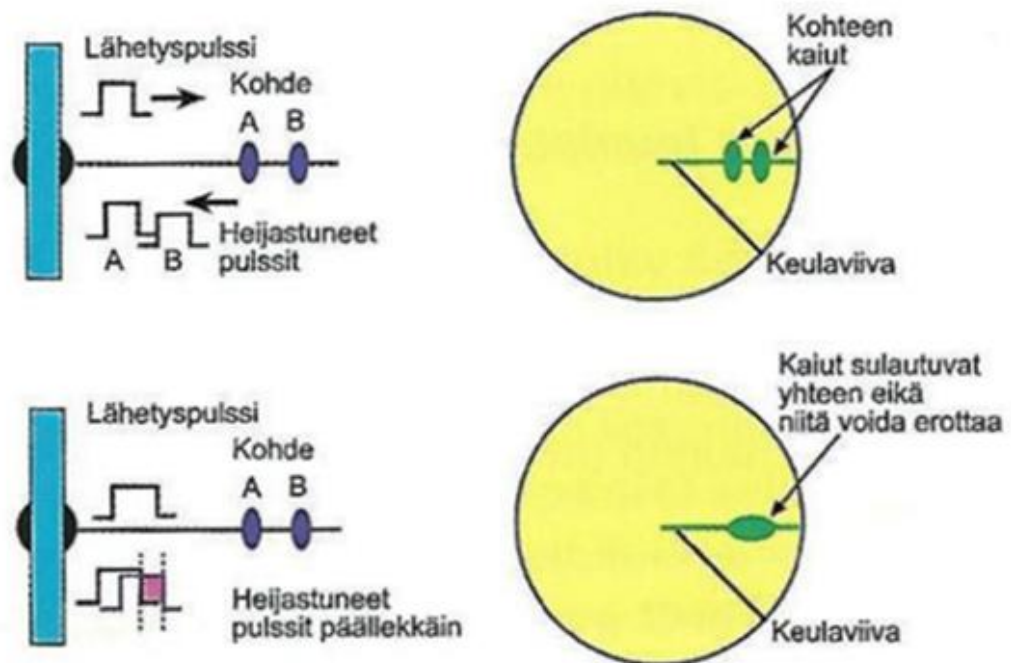
Tutka-antennityyppejä on kahdenlaisia, kupu- ja avotutkatyyppisiä. Ammattimerenkulun antennit ovat avotutka-antenneja (Karlsson 2005, 182). Varsinkin huvivenepuolella kupuantenneja näkee usein. Avoantennit ovat yleensä tehokkaampia, pidempiä ja parempia ominaisuuksiltaan joka suhteessa kuin kupumallit.

Tutkan erottelukyky

Tutkien kohdalla pidempi antenni tarkoittaa kapeampaa vaakatason säteilykeilaa, jolloin suuntaerottelukyky paranee (Karlsson 2005, 185-186). Tutkan suuntaerottelukyky kertoo tarkkuudesta erottaa kaksi samalla etäisyydellä erillään olevaa kohdetta toisistaan tutkalla (Suomen Navigaatioliitto 2009, 92). Syvyyserottelukyky kertoo tutkan kyvystä erottaa kaksi samassa suunnassa eri etäisyydellä olevaa kohdetta toisistaan (Suomen Navigaatioliitto 2009, 92). Olipa kyseessä ammattimerenkulututka tai huvivenetutka, niin etäisyyden mittausta on yhtä tarkkaa (Karlsson 2005, 186).



Suuntaerottelukyky

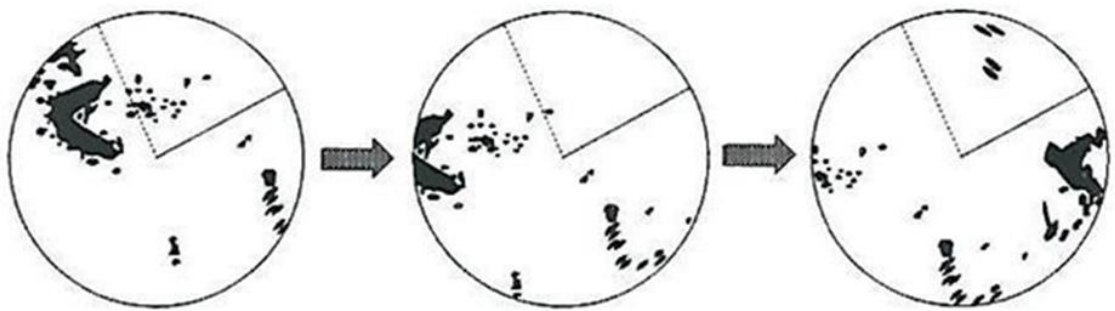


Syvyyserottelukyky

Kuva 24. Tutkan suunta- ja syvyyserottelukyky (Suomen Navigaatioliitto 2009)

Tutkan liikenäyttövaihtoehdot

Tutka kykenee näyttämään havaitun liikkeen tosi liikkeenä (True motion) tai suhteellisena liikkeenä (Relative motion). Suhteellisessa liikkeessä alus pysyy tutkakuvan keskellä, kaiut ja muut kohteet liikkuvat vastakkaiseen suuntaan ellei suunta ja nopeus ole sama. Tosi liikkeessä alus liikkuu kuvassa, kaiut ja muut kohteet pysyvät paikallaan, elleivät muut kohteet ole liikkeessä. Katso kuvat 25 ja 26 (Karlsson 2005, 183-184).



Kuva 207. Suhteellinen liike.

Kuva 25. Suhteellinen liike (Karlsson 2005)



Kuva 208. Tosiliikenäyttö.

Kuva 26. Tosi liike (Karlsson 2005)

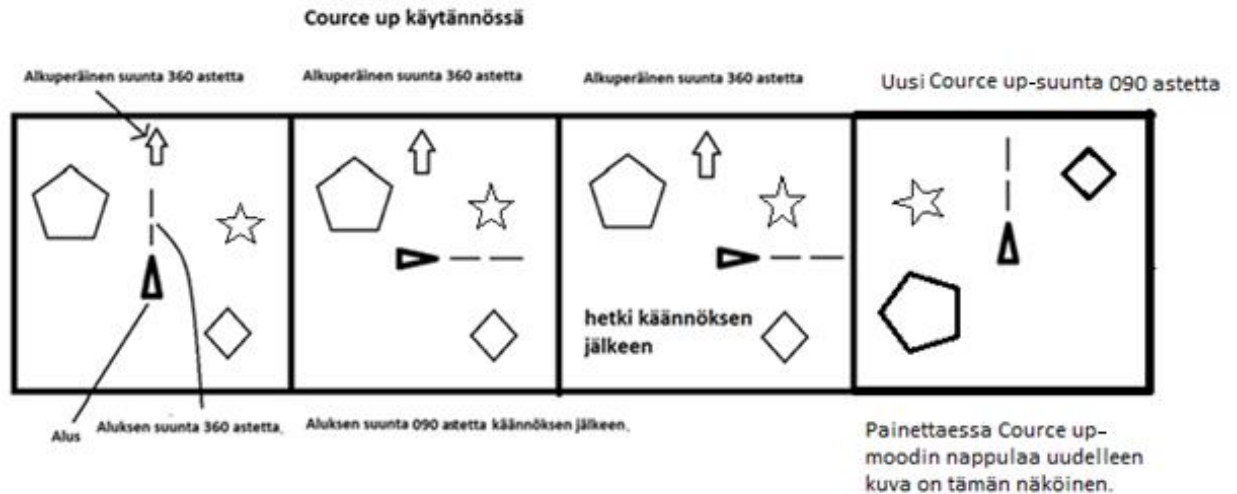
Käyttäjä voi myös valita, käyttääkö suhteellista (relative bearing) vai tosi suuntimaa (true bearing). Tosi suuntima näyttää kompassisuuntaa, jossa kohde oikeasti sijaitsee, suhteellinen suuntima taas suhteessa oman aluksen keulasuuntaan.

Tutkalta voi valita, haluaako käyttää Head up-moodia (keula ylös), Course up-moodia (suunta ylös) tai North up-moodia (pohjoinen ylös). Head up-moodi ei vaadi toimiakseen mitään suuntatietoa esimerkiksi kompassilta, kuten muut moodit tarvitsevat (Karlsson 2005, 184). Tutkakuva muuttuu sen mukaan, miten aluksen keulan suunta muuttuu. Se on huvivenepuolella suosittu tyyli. Aluksen keulasuunta voi muuttua paljon ja kuva muuttuu koko ajan. Oman kokemukseni perusteella tulkinta ja vertaaminen karttaan vaikeutuu jonkin verran.

North up-moodin käyttö on suositeltavaa, koska siinä pohjoinen on aina ylöspäin ja käännöksissä keulaviivan suunta vain muuttuu. Aluksen heiluminen ei vaikuta kuvaan. Ainakin oman kokemukseni mukaan kartan lukeminen helpottuu, jos pohjoinen ylös-moodi on valittu.

Course up-moodi on toiminnaltaan kuin head up-moodi. Eroja kuitenkin on monta. Keulaviiva osoittaa ylöspäin ja näyttää aluksen ohjatun keulasuunnan, jos suuntaa ei muuteta. Suunnan muutos näkyy oikealle tai vasemmalle, keulaviivan siirtymisenä oikealle tai vasemmalle. Nyt tullut suunta on nimeltään uusi keulasuunta. Koko tämän ajan alkuperäinen suunta pysyy ylhäällä ja maisema pysyy samana. Nyt painettaessa uudestaan Course up-moodin painiketta uusi suunta näkyy ylhäällä.

(Suomen Navigaatioliitto 2009, 95; Karlsson 2005, 184)



Kuva 27. Course up-moodi (Huhtamäki 2018)

Tutkan säädettävyys

Tutkalla voi valita mitta-alueen (Scale), jonka suuruuden voi itse valita vaihtoehdoista. Esimerkiksi erään valmistajan vaihtoehdot ovat 0.125 nm, 0.25 nm, 0.5 nm, suurin mitta-alue voi olla jopa 96 nm. (Furunon www-sivut 2017)

Käyttäjä voi omalla toiminnallaan vaikuttaa tutkan tuottamaan kuvaan erilaisten säätöjen avulla. Aaltovälkkeen suodatus (Anti-clutter sea) poistaa/vaimentaa aluksen lähialueella olevat kaiut kokonaan/osittain. Käyttäjä voi vahingossa säätää liikaa, jolloin heikoimmat kaiut jäävät ehkä näkemättä. (Suomen Navigaatioliitto 2009, 94)

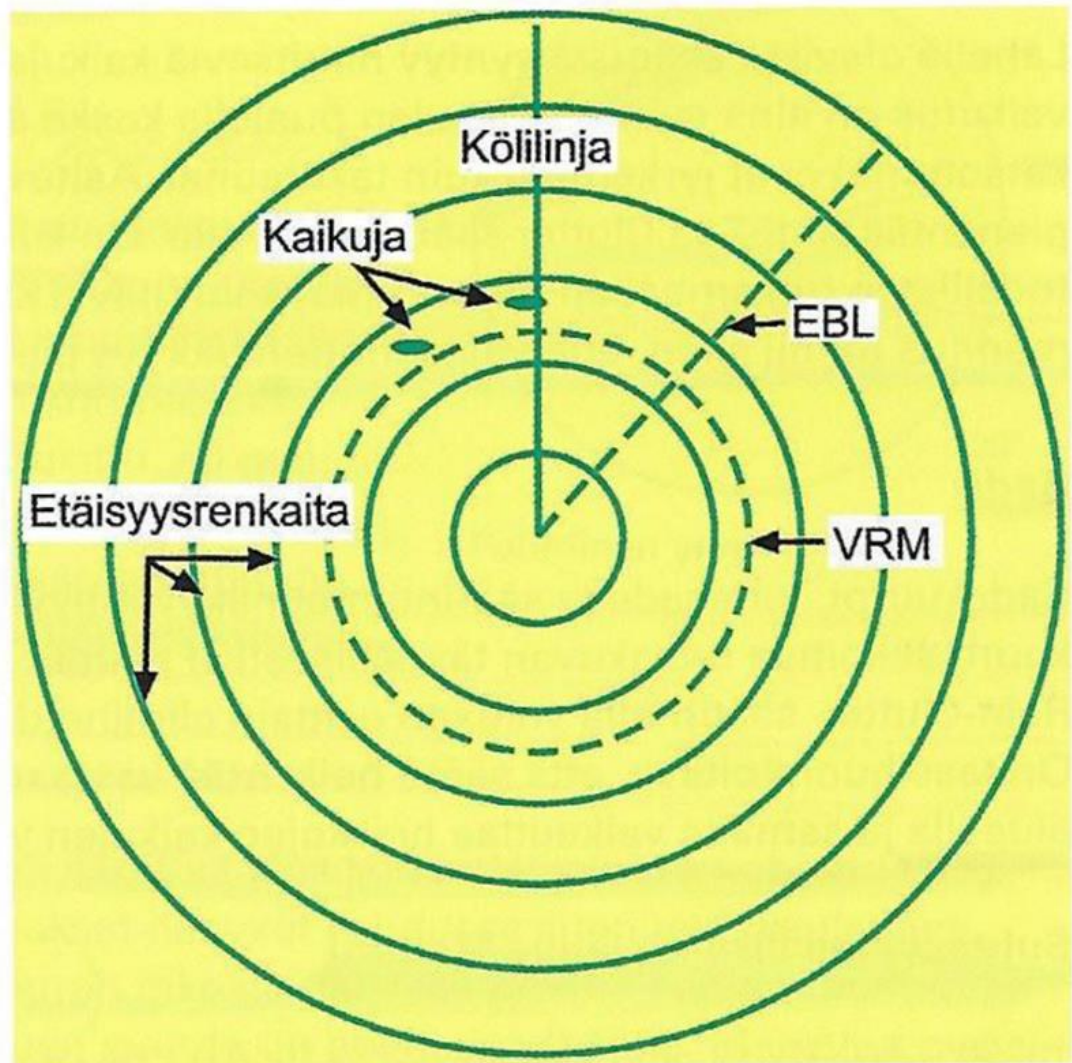
Anti-clutter rain-säätö eli sadevälkkeen poisto poistaa erilaisten säärintamien aiheuttamia tutkakuvan heijastuksia, jolloin voidaan säärintamien vaikutusta pienentää tutkakuvassa. Säätö vaikuttaa aluksen lähialueen ulkopuolella. Käyttäjä voi vahingossa säätää liikaa säätöä ja estää/hankaloittaa heikkojen kaikujen näkymistä tutkassa. (Suomen Navigaatioliitto 2009, 94)

Brilliance eli kirkkauden säätö vaikuttaa kuvan kirkkauteen. Käyttäjä voi valita valaistuksen ja vuorokauden ajan mukaan sopivan kirkkauden. Liikaa säätöä käytettäessä tutkan lukeminen vaikeutuu.

Gain eli vahvistuksen säätö säätää tutkalla näytettävissä olevien kaikuvoimakkautta. Jos vahvistus on valittu liian suureksi, vahvan kaiun alle saattaa jäädä pienempi kaiku. Jos vahvistus on liian heikko, heikko kaiku jää huomaamatta.

Tuning eli viritys tarkoittaa tutkan kykyä säätää vastaanottimen taajuutta, jotta mahdollisimman paljon lähetetystä ja heikentyneestä säteilystä voidaan vastaanottaa.

Tutkan päälle voi valita erilaisia mittaasetuksia, joita ovat EBL (Electronic Bearing Line eli elektroninen suuntimaviiva), VRM (Variable Range Marker eli siirrettävä etäisyysrenkas) ja range rings (etäisyysrenkaat). Etäisyysrenkaat on käytännössä toiminto, jossa tietyn matkan päähän keskipisteestä tulee renkaita tasaisen matkan välein. VRM on käyttäjän säädettävä etäisyysrenkas, jonka matkaa tutkan keskipisteestä voi käyttäjä säätää haluamallaan tavalla. EBL on suuntimaviiva, joka voi olla oikealle tai vasemmalle x määrä asteita (Suomen Navigaatioliitto 2009, 95-96). Jos tutkaan on kytketty kompassi eli suuntatieto menee tutkalle, voidaan erikseen saada suhteellinen suuntima (Relative Bearing) ja tosi suuntima (True Bearing). Tosi suuntima kertoo suunnan alukselta kohteeseen ja suhteellinen suuntimasuunnan kohteesta alukselle asteina. Head line on suomeksi keulaviiva ja sen saa tutkassa tarvittaessa hetkeksi pois käytöstä, jos siitä on haittaa. Keulaviiva voi peittää heikon kaiun.



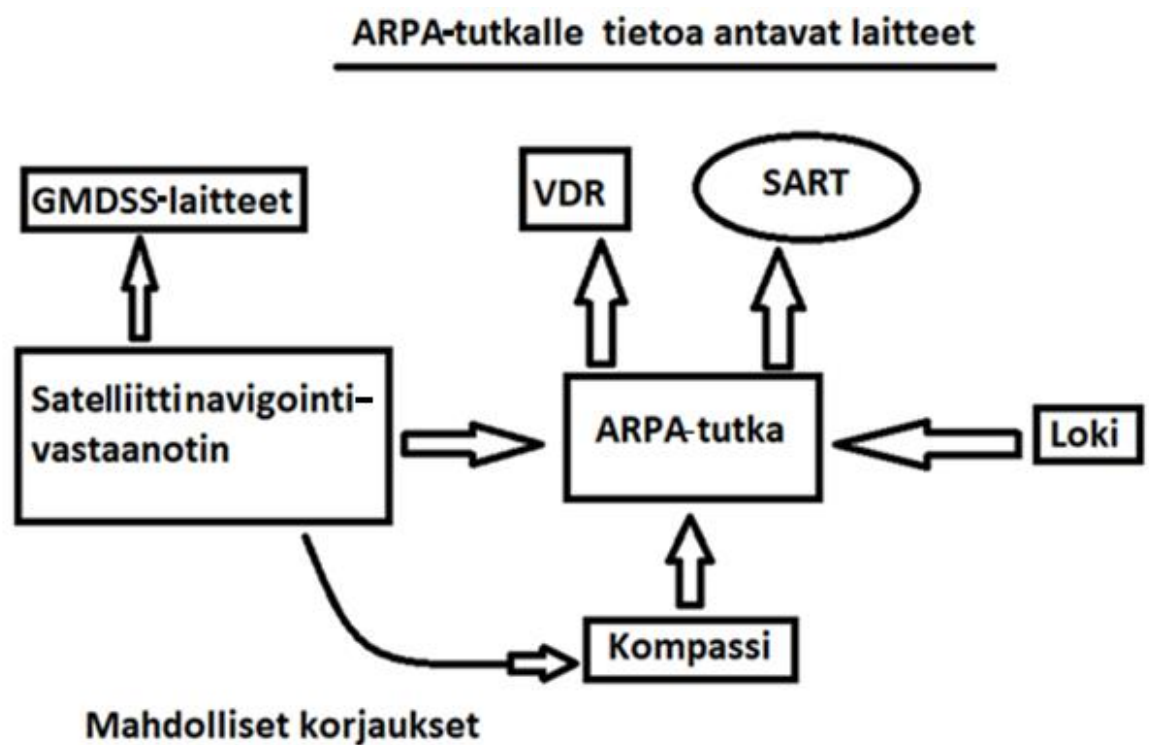
Tutkakuva

Kuva 28. Tutkakuva (Suomen Navigaatioliitto 2009)

Tutkan heijasteen suuruus ja siihen vaikuttavat tekijät

Tutkan havaitseman kohteen materiaali ja muoto vaikuttavat heijastuvan kaiun voimakkuuteen. Esimerkiksi iso metallinen risteilyaluksen sivu tarjoaa enemmän heijastuspintaa ja paremman kaiun kuin metallista tehty pyöreä jääpoiju ilman tutkanheijastinta. Itse olen ollut selvässä näköyhteydessä lasikuitu- ja puuveneisiin ja olen säätänyt tutkan oikein. Silti veneet näkyivät todella huonosti. Purjeveeneen metallimasto saattaa ehkä näkyä hetken tutkalla. Alumiini- ja hiilikuituveneet taas

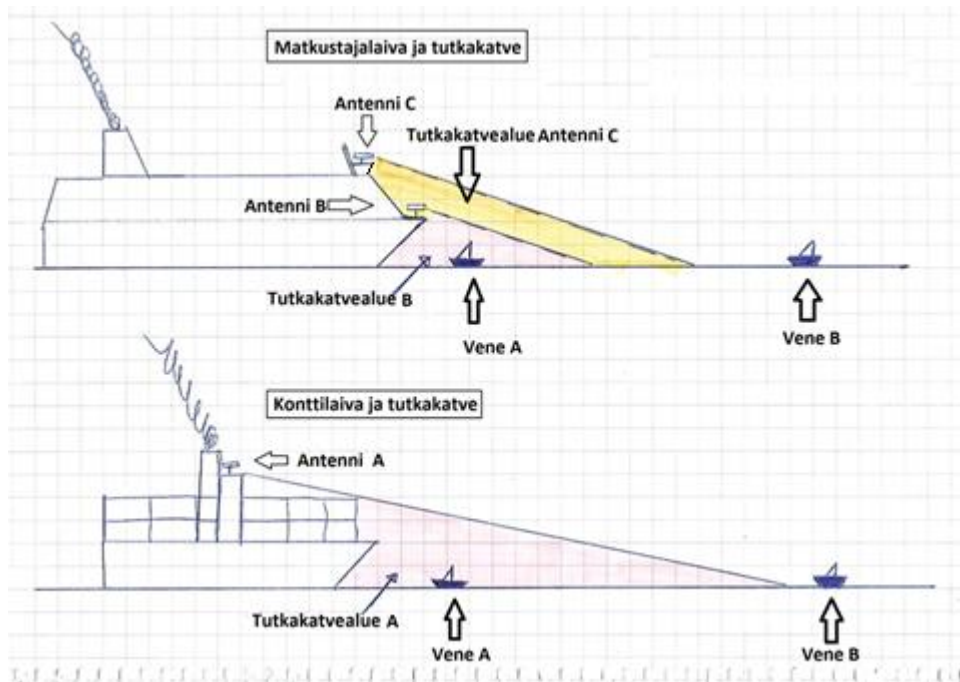
näkyvät todella hyvin. Alumiini ja hiilikuitu ovat sähköä johtavia materiaaleja. Ylipäänsä puu, lasikuitu, kumi ja muovi eivät kokemukseni mukaan näy tutkalla kovin hyvin, koska ne eivät johda sähköä kovin hyvin. Kallio, sillat tai muu korkea, jyrkästi kohoava tai kulmikas kohde näkyy hyvin, mutta tasaiset kohteet huonosti, esimerkiksi hiekkaranta.



Kuva 29. ARPA-tutkan laitekytkennät (Huhtamäki 2018)

Tutkan huonot puolet

Tutkalla on omat huonot puolensa, jotka käyttäjän on tiedostettava. Ehkä tärkein asia tutkan kohdalla on ymmärtää, mitä tutkakatve merkitsee. Sen valaisee tarkemmin kuva 30.



Kuva 30. Tutkakatve (Huhtamäki 2018)

Kaksi esimerkkiä antennin sijoittelusta

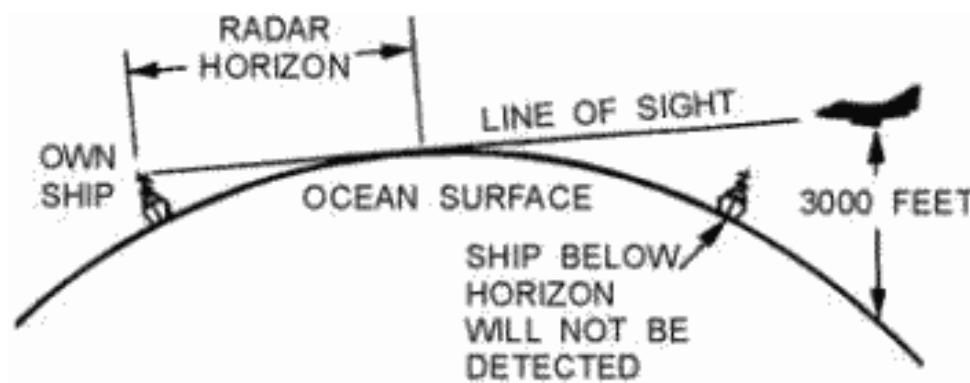
Suurilla matkustaja-aluksilla on monta tutkaa. Ne voivat olla eri korkeuksilla. Verrattaessa tutka-antennin B ja C korkeutta toisiinsa voidaan sanoa, että tutka B:een kantama on pienempi kuin tutka C:een. Antennin korkeus vaikuttaa lisäävästi havaittavaan kantamaan, mutta samalla korkeus lisää katvealueen suuruutta. Kuvassa 30 vene A ei näy tutkassa ollenkaan eli se on katvealueella, mutta vene B näkyy. Aina tutkaa käytettäessä tulee ottaa huomioon katvealueen suuruus. Usein varsinkin kesäaikana veneliikenne on vilkasta ja veneiden materiaalina on yleensä puu, lasikuitu tai muovi. Kyseiset materiaalit heijastavat tutkan säteilyä huonosti, joten kiikari voi olla parempi tapa havaita veneet kuin käyttää tutkaa. Varsinkin lähellä olevan huviveneen/moottoriveneen havainnointi voi olla vaikeaa, jos se on tutkan katvealueella. Sama ongelma koskee myös kontteja ja puulastissa olevia aluksia, joiden lastin korkeus voi olla korkea. Korkea lasti tarkoittaa korkealla olevaa antennia, jolloin tutkakatve tulee ongelmaksi, samoin kuin näkötähyystys. Aina kun käyttää aaltovälkkeen poistoa, sadevälkkeen poistoa ja vahvistuksen voimakkuuden, tuningin säätöä ja näytön kirkkauden säätöä, täytyy tiedostaa niiden vaikutus tutkakuvaan. (Karlsson 2005, 191).

Tutkan oikeanlaisen säädön tärkeys

Jos käyttää liikaa aaltovälkkeen poistoa, aluksen lähellä olevat kaiut eivät välttämättä tule nähdyksi. Jos käyttää liikaa sadevälkkeen poistoa, kaukaa tulleet kaiut eivät erotu ollenkaan muista kaiuista. Jos käyttää liikaa vahvistusta, ei erota, mikä on oikeasti tärkeä kaiku. Jos käyttää liian vähän vahvistusta, ei kaikuja edes huomaa. Jos taas tuning (virityssäätö) on mennyt pieleen, niin ei näe kaikuja oikein hyvin. Jos näytön kirkkaus on säädetty väärin, niin taaskaan ei havaita kaikuja kovin hyvin. Voidaan sanoa tutkan säätämisen olevan kompromissi erilaisten vaatimusten saamiseksi kuvaan samaan aikaan.

Tutka-antennin korkeus ja kantama

Varsinkin huvivenepuolen tutkien kohdalla antennin korkeus merenpinnasta on niin matala, että hyvällä kiikarilla näkee vastaantulevat yleensä paremmin päiväsaikaan hyvällä kelillä kuin tutkan avulla. Laskennallisen matalan tutkahorisontin takia tutkan kantama on pienempi kuin korkealla olevan kauppa-aluksen tutkan kantama. Kantaman suuruuteen vaikuttaa heikentävästi maapallon kaareva pinta ja matala tutka-antennin korkeus merenpinnasta, siitä huolimatta, että on kuinka hyvä tutka tahansa. Kuva 31 valaisee ongelman luonteen paremmin.

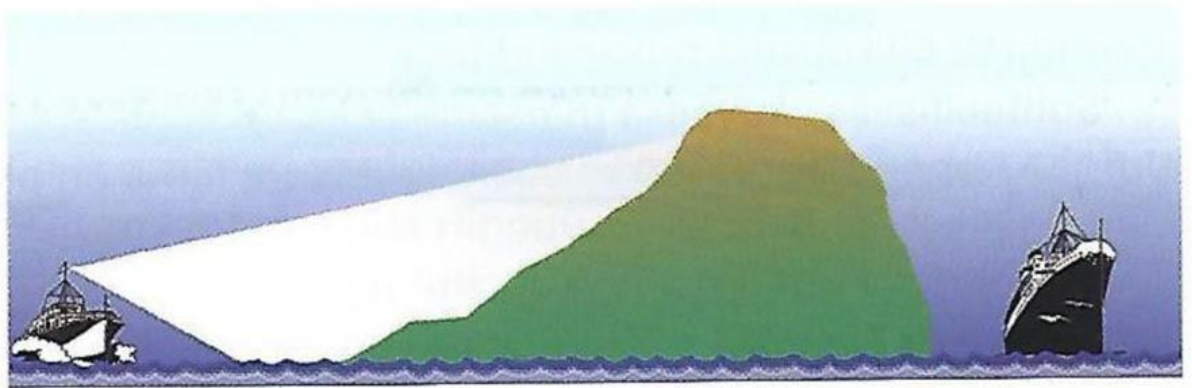


Kuva 31. Tutkahorisontin vaikutus tutkan kantamaan (RF Cafe [www-sivut](http://www.rfcafe.com))

Taulukko 1. Näkö- ja tutkahorisontti eri tutkan korkeuksilla (Huhtamäki 2018)

Tutkan korkeus merenpinnasta metreissä	Havaittavan kohteen korkeus merenpinnasta metreissä	Tutkan kantama meripeninkulmissa	Näköhorisontti meripeninkulmissa
2	20	13,1	12,2
20	20	20	18,6
2	2	6,3	5,8

Yksi meripeninkulma on pituutena 1,852 kilometriä (Wikipedia www-sivut 2018). Näköhorisontti tarkoittaa taulukossa matkaa vaakatasossa, jossa maantieteellisen valon (majakan, sektoriloiston) pystyy näkemään silmien avulla kiikarilla/silmillä teoreettisesti. Laskemalla laskimella voi päätellä seuraavan asian: Merenkulkututkan radioaallot taipuvat vain vähän eli tutka ”näkee” noin 7.2 % pitemmälle kuin ihmisen silmä. Tutkan kantomatkan kaavan löytää Suomen Navigaatioliiton Rannikkomerenkuluopin oppikirjasta ja näköhorisontin kaava löytyy julkaisusta Liikenneviraston Suomen Loistot, yleistiedot.



Kuva 32. Merenkulkututka ja maantieteellinen este (Suomen Navigaatioliitto 2009)

Tutkalla ei voi nähdä maantieteellisen esteen taakse, koska mikroaaltosäteily ei läpäise esteitä kovin hyvin (Suomen Navigaatioliitto 2009, 93).

Varoitus/tiedoksi-osio

Tutka kertoo, missä jokin oikeasti on, mutta tutka ei kerro, onko jokin oikeassa paikassa. Tämän lisäksi tutkalla saatu tieto ei vastaa aina todellisuutta. Jos mitattava kohde on suoraan edessä, takana, oikealla tai vasemmalla, ei virhettä ole. Kaikkein helpoiten tämän huomaa lähestyttäessä mereltä kanavaa. Aluksi näyttää, että kanavaa ei ole olemassa tutkan mukaan, mutta myöhemmin alkaa kanava tulla tutkalla näkyviin. Tutkassa kanavan näkymättömyys johtuu rajallisesta kulmaerottelukyvystä.

Tutkan antenni pyörii 360 astetta ja antennin pyöräytyksiä on tietty määrä minuutissa. Jotta nykyaikainen tutka saa tuotetuksi yhden tutkakuvan, se vaatii tutkan pyörivän 3-4 kierrosta. Sitten tieto menee tiedonkäsittelyyn. Vasta tämän jälkeen kuva tulee käyttäjän katsottavaksi (Karlsson 2005, 193.) Tutka ei pyöri, mutta tutkan antenni pyörii tyypillisesti 24 kierrosta minuutissa. Nopeakulkuisten alusten (HSC) tutka-antennit pyörivät kaksi kertaa nopeammin. Voidaankin sanoa, että kuva kertoo, millainen tilanne oli 3-4 sekuntia sitten. Tutka pystyy tuottamaan vain 24 kuvaa minuutissa käyttäjälle. Toisin oli niin kutsutuilla ”kumisaapastutkillä”, joilla riitti vain yksi kierros saman tiedon tuottamiseen. Kun mittakaavaa vaihdetaan, kuluu taas 3-4 sekuntia kuvan muodostamiseen näytölle.

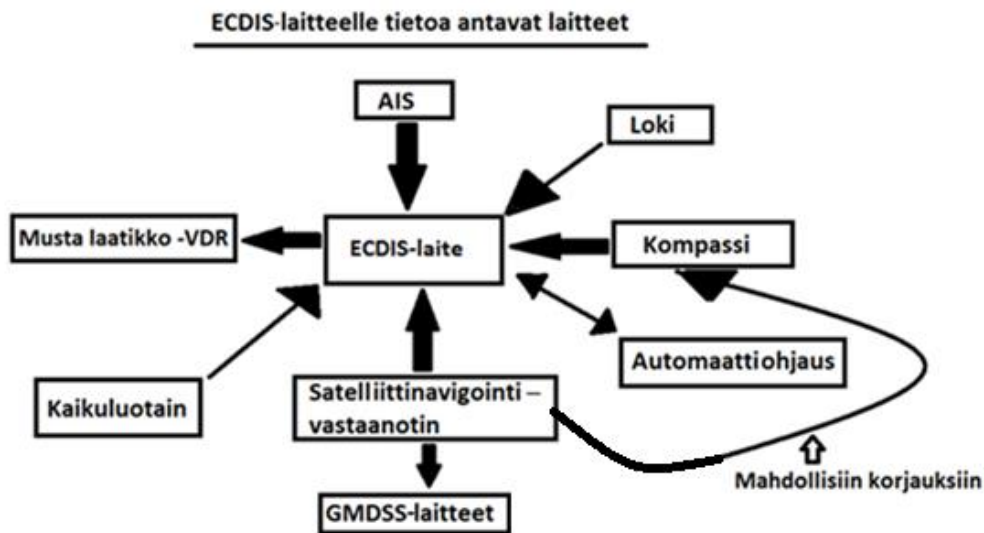
Tärkeä on muistaa, että kaikki tutkalla ja AIS-laitteella saatu tieto on historiatietoa, joten ikkunasta ulos katsominen on suositeltavaa eli näkötähystys on vielä tarpeen. Tutka on vain yksi navigoinnin apuväline ja sen antama tieto voi olla virheellistä tai puutteellista.

2.10 ECDIS – Electronic Chart Display and Information System

ECDIS on elektronisen kartan näyttämislaitte. Karttojen tulee olla virallisia lippuvaltion hyväksymiä ENC-karttoja (Liikenneviraston [www-sivut](http://www.sivut) 2017). ENC-lyhenne tulee sanoista Electronic Nautical Chart, elektroninen merikartta. Jos laitteessa käytetään muuta kuin virallisia lippuvaltion hyväksymiä ENC-karttoja, ECDIS-laitetta ei saa enää kutsua ECDIS-laitteeksi. Laitteesta tulee tällöin ENC-laite. Jos ECDIS-laitteita on kaksi, laivalla ei tarvita lainkaan paperikarttoja virallisesti,

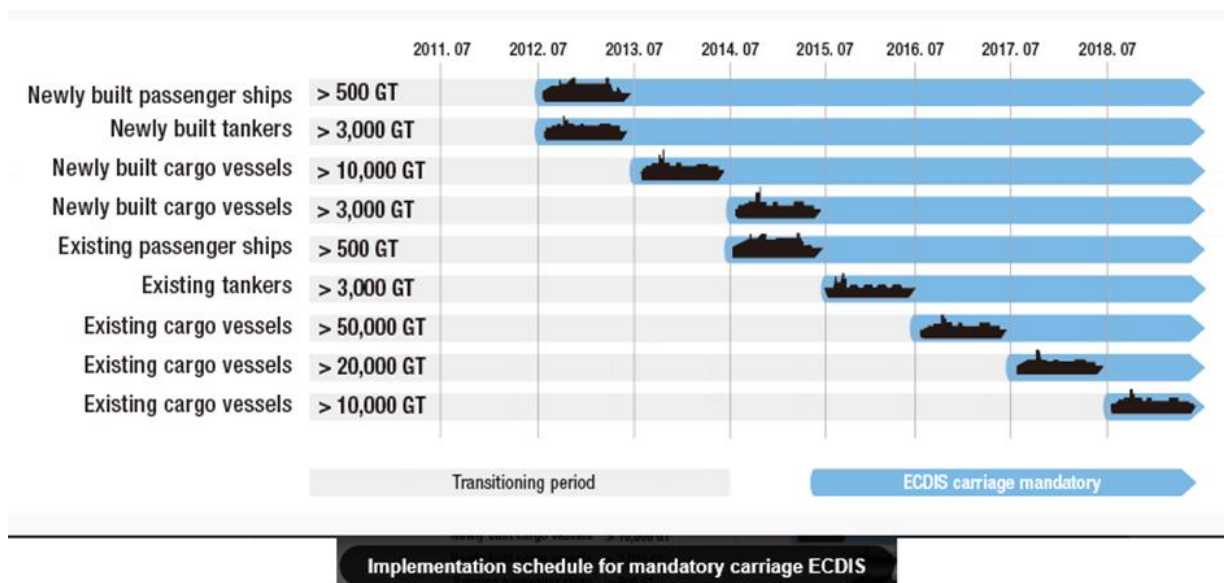
muuten ne edelleen tarvitaan. ECDIS pystyy käyttämään elektronisia vektori- ja rasterikarttoja. Vektorikartta on digitaalisessa muodossa oleva kartta, jota voi suurentaa ja pienentää tarpeen mukaan kuvan tarkkuuden kärsimättä. Rasterikartta on skannattu merikartta, joka on digitaalisessa muodossa. Rasterikarttaa suurennettaessa se muuttuu pikselimäiseksi (Österman 2010, 4.) Virallisissa ENC-kartoissa käyttäjä voi valita erilaisia tasoja, kerroksia sekä tietoja, joita käyttäjä haluaa kulloinkin nähdä. Ehkä tärkein ominaisuus on turvasyvyyden määrittelyominaisuus, jolloin kaikki alle määrätyn syvyyden olevat alueet ovat ”matalaa vettä”.

ECDIS-laitteella käyttäjä voi suunnitella reitin, jonka laite tarkastaa ja hyväksyy ennen reitin käyttöönottoa. Reitti on nimeltään track ja sitä voi ajaa mikäli ECDIS on liitetty automaattiohjauksen mahdollistavaan järjestelmään. ECDIS-laitteelle ja siinä käytettävälle viralliselle ENC-kartalle on omat määräyksensä ja spesifikaationsa, joiden käsittely ei sisälly tähän opinnäytetyöhön. ECDIS hälyttää erilaisista asioista aina tarpeen tullen, esimerkiksi ampuma-alueelle tulosta. Hälytys pitää kuitata. Jotta ECDIS-laite tietäisi aluksen paikan, se tarvitsee reaaliaikaisen paikkatiedon. Paikkatieto voi tulla esimerkiksi satelliittinavigointijärjestelmästä. Jos paikkatietoa ei saada jostain syystä, siirrytään merkintälaskutilaan (The Nautical Institute [www-sivut](http://www.nauticalinstitute.com)). Merkintälaskua kutsutaan Dead Reckoning laskemiseksi, jolloin aluksen suunnan ja nopeuden perusteella aletaan laskea aluksen paikkaa. Merkintälaskutilassa lasketun paikkatiedon (lasketun paikan) ja oikean reaaliaikaisen paikkatiedon (havaitun paikan) ero voi pitkällä aikavälillä erota toisistaan. Oikein käytettynä ECDIS-laite auttaa yksinkertaistamaan ja helpottamaan komentositatyöskentelyä. Silti käyttäjän on hallittava kartan, harpin ja kompassin käyttö vielä nykyäänkin, jos jokin menee pieleen. ECDIS on integroidun navigointijärjestelmän ”sydän”, jolle kaikki muut sensorit syöttävät tietoa jatkuvasti ja tieto prosessoidaan sitten käyttäjälle hyödylliseksi tiedoksi. Kuva 33 kertoo ECDIS-järjestelmän tyypillisen rakenteen.



Kuva 33. ECDIS-laitteen kytkennät (Huhtamäki 2018)

Käyttäjän on vielä elektronisten navigointivälineiden aikakaudella katsottava ulos ikkunasta. Käyttäjän pitää vertailla näytöllä ja ulkona näkemäänsä maisemaa toisiinsa eli näkötähytys on vielä pakollista/suosittelavaa. Laitteen saama paikkatieto voi olla virheellistä/puutteellista, joten siihen pitää suhtautua varauksella. Kaikki merimerkit eivät välttämättä ole oikeilla paikoillaan/näkyvissä esimerkiksi jään takia, joten ECDIS-näyttöä ja tutkakuvaa sekä maisemaa on syytä verrata toisiinsa riittävän usein.



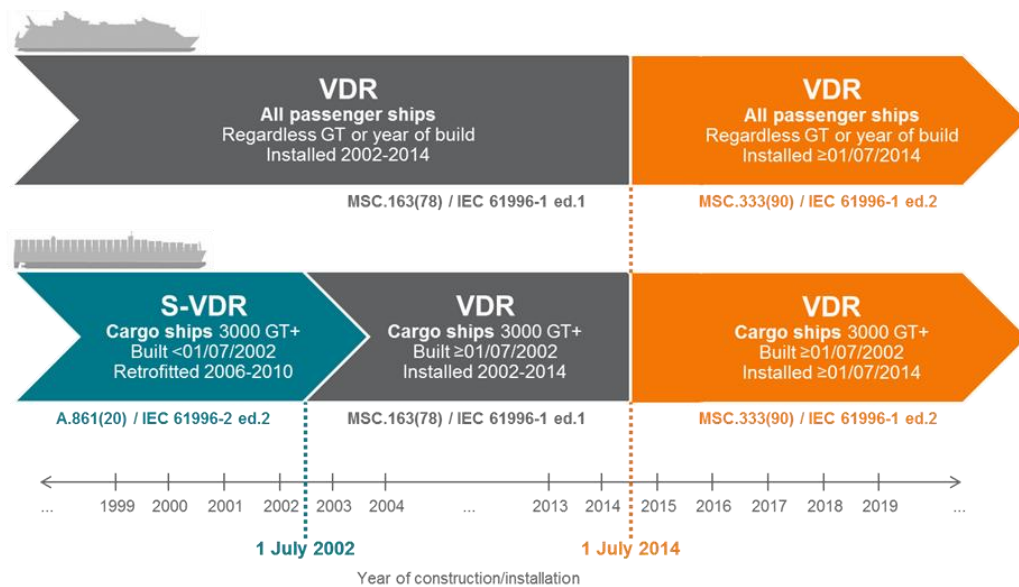
Kuva 34. ECDIS-laitteiden asennusaikataulu ja alusten kokoluokat (Furunon www-sivut 2017)

2.11 Voyage Data Recorder – musta laatikko

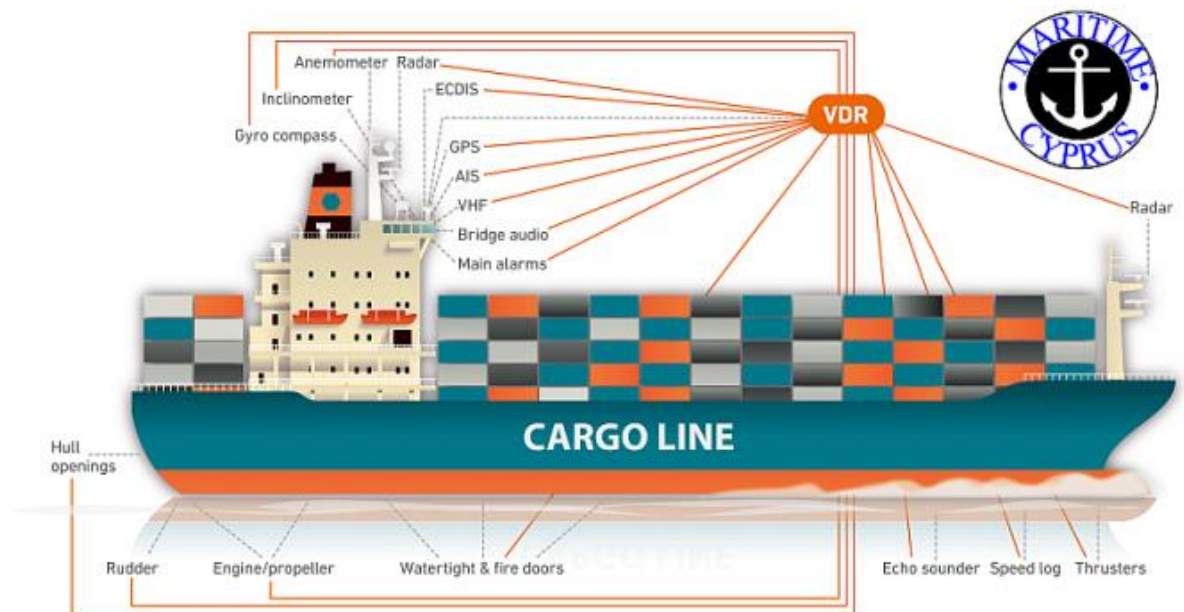
Voyage Data Recorder (VDR) on standardikomentosillalla oleva oranssi laite, joka voi olla kiinteästi asennettu tai irtoava, joka aluksen upotessa irtaana ja jää kellumaan. Se tallentaa teknisiä mittausarvoja, kartta- ja tutkakuvia sekä kaikki keskustelut komentosillalla. Tietojen tallennus tapahtuu määrätyin väliajoin. Tämä helpottaa onnettomuustutkinnan työtä. Keskustelujen tallennus on käynnissä koko ajan. Keskustelujen tallentamista varten komentosillalle on asennettu mikrofoneja. Teknisten tietojen tallentamiseen eri laitteet syöttävät tietoa suoraan VDR:ään. Tallennus toimii automaattisesti, joten käyttäjältä ei vaadita mitään toimenpiteitä. Kaikissa matkustajalaivoissa ja rahtilaivoissa on oltava kyseinen laite. (Wikipedia www-sivut 2017; IMO:n www-sivut 2017; Maritime & Coastguard Agency www-sivut 2017; Marine insight www-sivut 2017)



Kuva 35. Erään valmistajan aluksella oleva musta laatikko (Alamy Ltd www-sivut 2017)



Kuva 36. Mustan laatikon (VDR) asennusvaatimukset laivakohtaisesti (Maritime Cyprus www-sivut 2017)



Kuva 37. Mistä tieto tulee ja mitä tietoa VDR tallentaa? (Maritime Cyprus www-sivut 2018)

2.12 GMDSS

GMDSS-lyhenne tulee englanninkielen sanoista Global Maritime Distress and Safety System eli vapaasti suomennettuna globaali merenkulun hätä- ja turvallisuusjärjestelmä. Järjestelmässä tieto kulkee radioaaltojen välityksellä. GMDSS mahdollistaa ship to ship eli laivasta laivaan yhteydenpidon sekä shore to ship eli yhteydenpidon maa-asemalta laivaan. Laivan paikalla voi olla myös helikopteri tai lentokone, joka on SAR-tehtävään varustettu. SAR tulee sanoista Search And Rescue eli etsintä ja pelastus. Järjestelmä on suunniteltu erityisesti merenkulun käyttöön. Siinä on erityinen DSC-ominaisuus (Digital Selective Calling), joka lähettää tiedot digitaalisessa muodossa kaikkiin käyttäjän valitsemiin maa-asemiin ja laivoille radioteitse (Viestintävirasto 2010, 36). Järjestelmä korvaa vanhan sähkötyksen ja vain ihmisen kuunteluun perustuneen radiopäivystyksen. Radiopäivystystä tehtiin vain tiettyinä vuorokaudenaikoina. Vanhassa järjestelmässä aluksessa oli MF- ja HF-yhteyksiä varten oma henkilö eli sähköttäjä sekä mahdollisesti komentosillalla VHF-radio. Uudessa järjestelmässä DSC-laite kuuntelee kutakin DSC-taajuutta erikseen hetken HF-taajuudella sekä MF- ja VHF-taajuuksien omaa DSC-taajuutta. Kuuntelu tapahtuu aina, kun laite on päällä 24/7 periaatteella. Kuuntelu on automaattista. Jos laite havaitsee DSC-viestin, se antaa käyttäjälle ilmoituksen ja laite siirtyy kuuntelemaan kyseistä taajuutta. VHF- ja MF-taajuudella olevaa hätäkanavaa on kansainvälisen radio-ohjesäännön mukaan kuunneltava. DSC-järjestelmän avulla voidaan lähettää erilaisia tietoja, kuten varoituksia, sääennusteita tai hätäviestejä. DSC-järjestelmän ansiosta yksi henkilö pystyy hoitamaan radioliikenteen, erillistä sähköttäjää ei enää tarvita. DSC-järjestelmässä käytetään MF- (Medium Frequency), HF- (High Frequency), VHF- (Very High Frequency) taajuusalueita sekä Inmarsat-satelliittijärjestelmää. Inmarsat-järjestelmän kautta käyttäjä voi soittaa/vastaanottaa satelliittipuheluita ja lähettää/vastaanottaa viestejä sekä lähettää hätäviestejä. GMDSS- järjestelmässä radioalueet on jaettu neljään luokkaan A1-A4. Jokaisella alueella on omat määräyksensä laitteiden määrästä ja laadusta. GMDSS-radiolaitteet tarvitsevat paikkatiedon satelliittinavigointijärjestelmästä.

	Location	Area	Service
Sea Area 1	Most European, some US and some SE Asian coastal waters	Lies within range of shore-based Very High Frequency (VHF) Coast Radio Stations (20-30 nautical miles)	Short-range services: VHF radio for voice and automated distress alerting via Digital Selective Calling (DSC)
Sea Area 2		Lies within range of shore based Medium Frequency (MF) Coast Radio Stations (excluding A1 areas) (approximately 100 - 150 nautical miles)	Medium-range services: Medium Frequency (MF) radio for voice and DSC alerting
Sea Area 3	Australia, New Zealand and the Pacific	Lies within the coverage area of Inmarsat communications satellites (Lat 70oN - Lat 70oS, excl. A1/A2 sea areas)	Long range services: High Frequency (HF 3 to 30MHz) voice; VHF DSC used for ship-to-ship alerting*
Sea Area 4	Polar regions	Comprises remaining sea areas outside areas A1, A2 and A3;	Long range alerting: High Frequency (HF 3 to 30MHz)

Kuva 38. GMDSS-alueet (Gmdss www-sivut 2017)

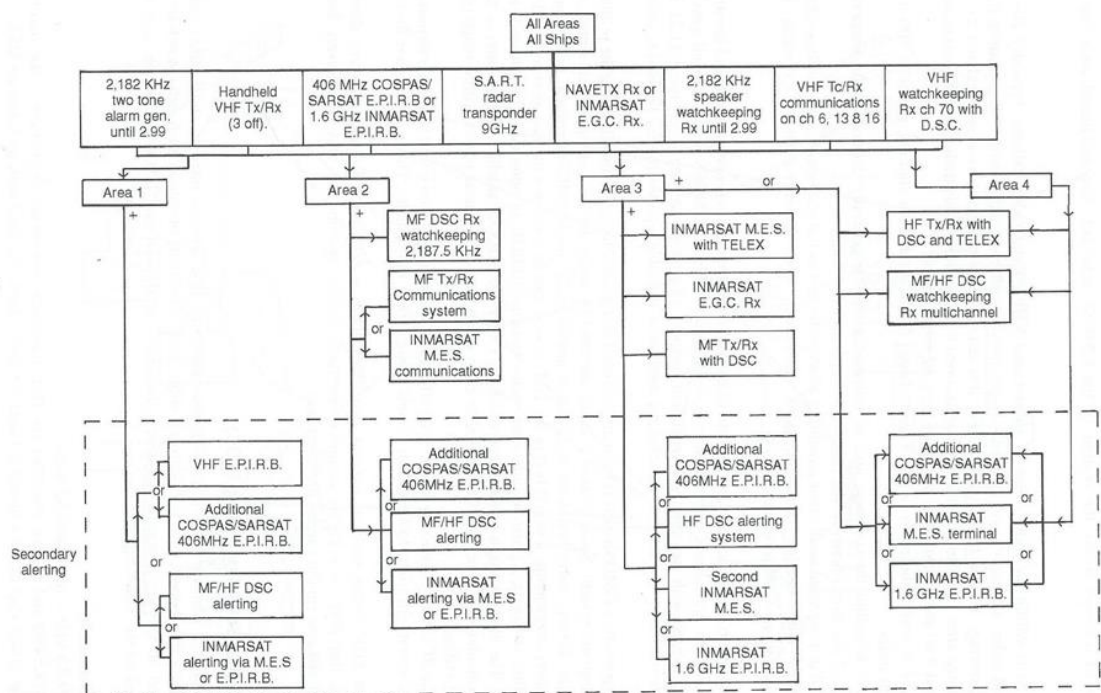


Figure 11.2 GMDSS equipment carriage requirement table.

Kuva 39. GMDSS-laitevaatimus kuvana (Calcutt & Tetley, 2001)

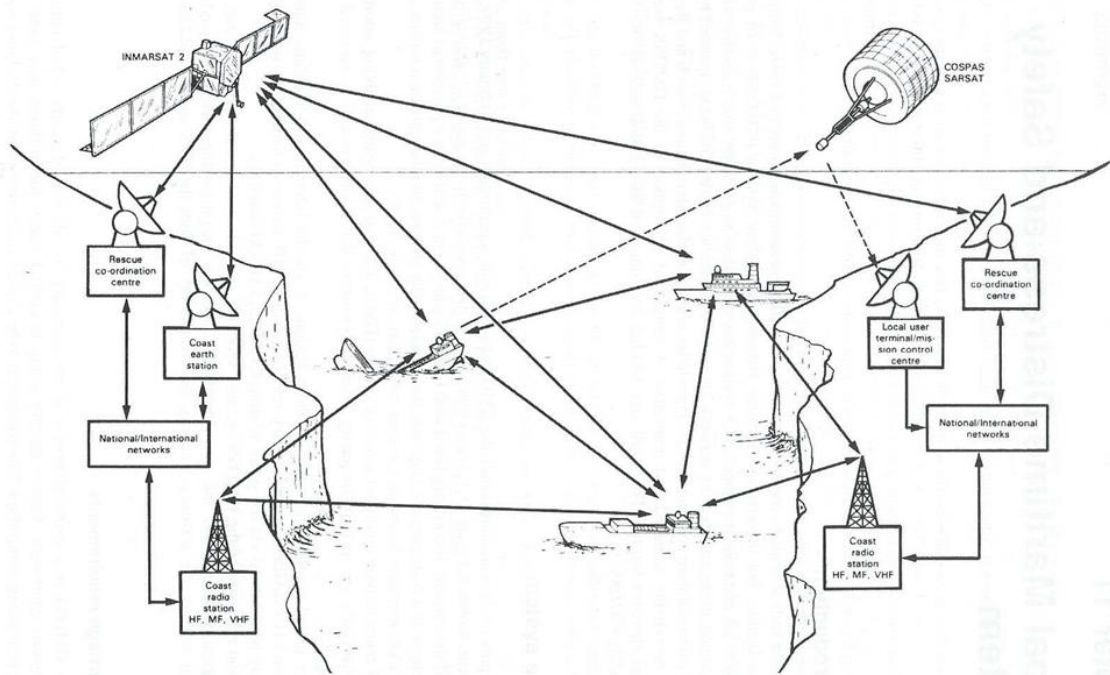


Figure 11.1 General concept of the GMDSS. (Reproduced courtesy of the IMO.)

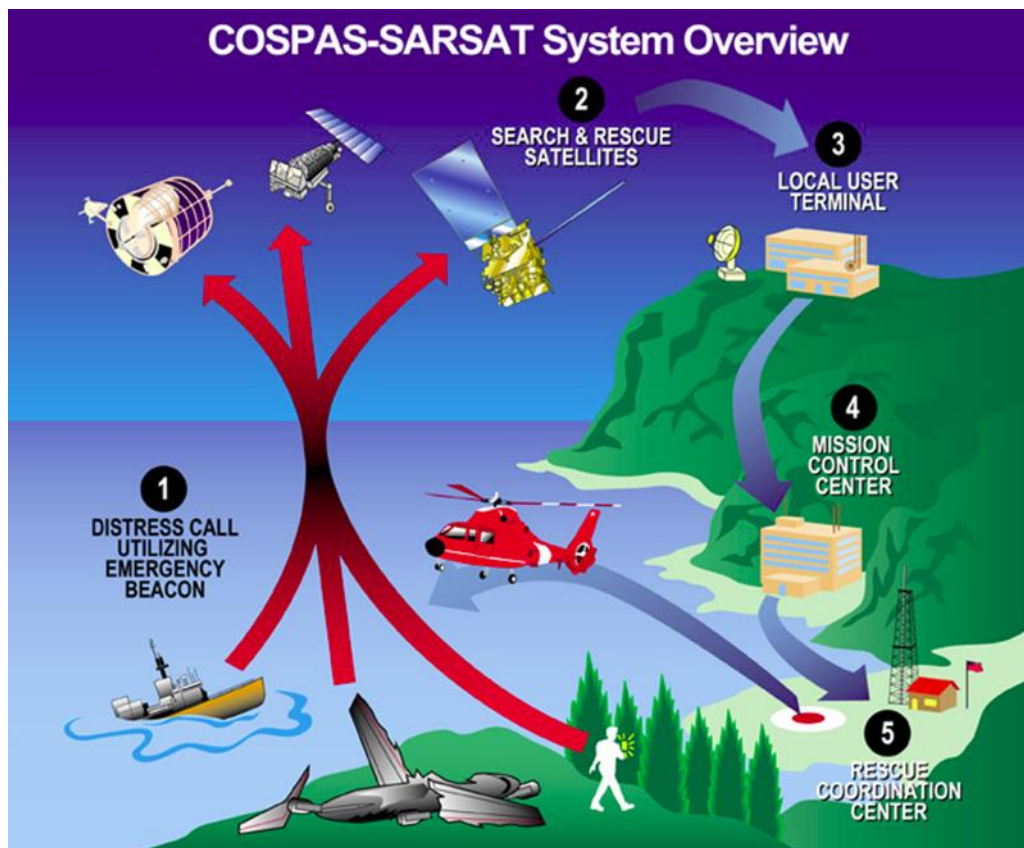
Kuva 40. GMDSS-järjestelmän perusidea (Calcutt & Tetley, 2001)

Yksi GMDSS-järjestelmän osa on SART eli Search And Rescue Transponder. Se on vapaasti suomennettuna tutkavastaaja. SART on hätätilassa käytettävä laite, joka reagoi X-bandin eli 3 cm:n aallonpituudella olevaan merenkulkututkan läheteeseen. Sen avulla pelastajat voivat paikantaa hätään joutuneet. SART näkyy tutkan näytöllä aluksen ollessa kaukana ensin pisteinä, aluksen tullessa lähemmäs kaarina ja lopulta ympyröinä aluksen ollessa lähellä pelastettavia.



Kuva 41. SART ja tutkakuva (Wikipedia)

EPIRB on myös yksi osa GMDSS-järjestelmää. EPIRB tulee sanoista Emergency Position Indicating Radio Beacon. Sitä voidaan kutsua hätälähettimeksi. Hätälähetin lähettää aluksen tiedot 406 MHz:n taajuudella avaruuteen, jossa on sen lähetyksien havaitsemista varten omat COSPAS-SARSAT-satelliitit. Satelliitit lähettävät tiedot meripelastuskeskukseen, joka taas lähettää pelastavan SAR-yksikön pelastettavien luokse. EPIRB-laitteeseen on integroitu GPS-vastaanotin. GPS-paikkatieto ja aluksen tunnistetieto yhdistetään, jolloin muodostuu lähetettävä viesti.



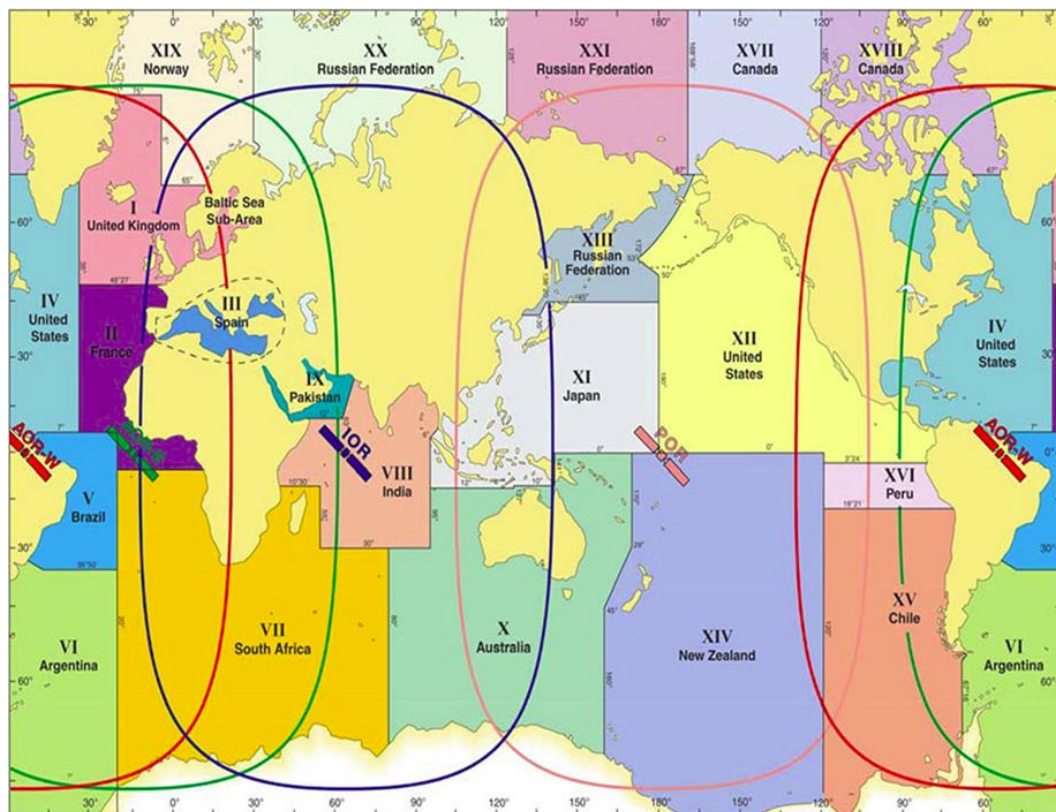
Kuva 42. COSPAS-SARSAT-järjestelmän toiminta hätätilanteessa (Wikipedia)

NAVTEX on myös yksi GMDSS-järjestelmän osa. NAVTEX-lyhenne tulee sanoista Navigational Telex. NAVTEX-laite on vain vastaanottava radiolaite, joten se ei tarvitse radiolupaa. Se on osa GMDSS-järjestelmää A2 merialueella. Järjestelmän käyttöön on varattu MF-alueen taajuuudet 518 kHz ja 490 kHz sekä HF-alueen taajuus 4209.5 kHz trooppisia alueita varten. Taajuuudet 518 kHz ja 4209.5 kHz on varattu kansainvälisesti sovittujen merialueiden viestien lähettämiseen ja tällöin käytetty

lähetyškieli on aina englanninkieli. 490 kHz:n taajuus on varattu paikallisten lähetysten lähettämiseen ja lähetyškieli on paikallinen virallinen kieli. Sovittujen merialueiden nimi on NAVAREA. Yhteensä tällaisia alueita on 21 kpl. Jokainen NAVAREA jakaantuu pienempiin merialueen osiin. Jokaisella NAVAREA-alueella on omat lähettävät asemansa. Joka asemalla on tietty merialue, joita koskevia varoituksia ja säätietoja se lähettää. Käyttäjä voi valita NAVAREA:n, asemien, merialueiden ja sanoman tyyppin perusteella ne sanomat, jotka haluaa vastaanottaa. Järjestelmän avulla lähetetään navigointivaroituksia, säätietoja ja SAR-viestejä kaikille. Kyseiset viestit tulevat niin sanotusti pakkosyöttönä. On myös olemassa muita sanomaluokkia, kuten Other electronic navigational aid system messages, GNSS messages ja AIS service messages (non navigational aid) luokan sanomat, jotka koskevat navigointilaitteita (PC Navtex [www-sivut 2018](#)). Niitä lukemalla saa tietoa, jos jotain navigointilaitteiden toimintaan tai navigointiin liittyvää tiedotettavaa on tulossa/havaittu/voimassa. Samat tiedot lähetetään myös Inmarsatin kautta käyttäjille. Lähetyksen vastaanottamiseen tarvitaan NAVTEX-vastaanotin ja tulostin/näyttölaite. Lähetyksen purkamiseen tarvitaan NAVTEX-vastaanotin. Nykyisin GPS-vastaanottimen voi kytkeä NAVTEX-vastaanottimeen. GPS- tai muun satelliittijärjestelmän tiedon avulla laite voi aluksen sijainnin perusteella itse valita oikean NAVAREA:n, oikean aseman, oikean merialueen, jonka tiedoista käyttäjä voisi olla kiinnostunut (Furunon [www-sivut 2017](#)). Nykyään voidaan NAVTEX-vastaanotin liittää osaksi integroitua komentosiltaa, jolloin tieto uudesta sanomasta näkyy käyttäjälle ECDIS-näytöllä.

(Kongsberg Maritime [www-sivut 2017](#); Gmdss [www-sivut 2017](#);

Norwegian Centre for Maritime Medicine [www-sivut 2017](#))



Kuva 43. NAVAREA:t ja Inmarsat-satelliittien peittoalueet (Land Information New Zealand www-sivut 2017)



Kuva 44. NAVTEX-vastaanotin tulostimella (Wikipedia)



Kuva 45. NAVTEX-vastaanotimen näyttölaite ja antenni (Scortel Ltd [www-sivut](http://www-scortel.com) 2017)

2.13 Elektroniset navigointijärjestelmät osana integroitua navigointijärjestelmää lyhyesti käsiteltynä

Integroidut komentosiltajärjestelmät ovat tulleet jäädäkseen. Ne ovat kehittyneet paremmiksi vuosien varrella, mutta käyttäjien ymmärrys niistä ei ole pysynyt aina samassa tahdissa mukana. Integroidussa navigointijärjestelmässä jokaisella laitteella on oma toimintatapansa ja tietonsa, jota se tuottaa järjestelmän käyttöön. Integroidussa navigointijärjestelmässä tiedot kootaan ja näytetään yhdessä paikassa. Ennen kaikki tiedot piti mennä katsomaan jokaiselta laitteelta erikseen. Integroidussa järjestelmässä kaikki tieto kulkee eri laitteiden välillä ja tieto voidaan koota yhteen paikkaan käyttäjälle esitettäväksi. Näin saadaan tuotettua reaaliajassa uutta tietoa käyttäjän tarpeisiin. Integroidussa järjestelmässä on paljon laskentatehoa, joten käyttäjä voi rauhassa keskittyä navigointiin. Käyttäjälle voi ainakin aluksi olla haasteellista sisäistää ja oppia ymmärtämään näkemäänsä oikein. Perehdytys viisaamman/kokeneemman johdolla on toivottavaa järjestää. Käyttäjälle liiallinen tieto ei aina välttämättä ole hyvä asia. Se voi aiheuttaa väärinymmärtämisen vaaran. Varsinkin vikatilanteiden kohdalla oikean vian hakeminen voi olla vaikeaa ellei ymmärrä, mitä tietoa eri laitteet tuottavat ja mihin mitäkin tietoa oikeasti tarvitaan. Edelleen kannattaa muistaa, että kaikki laitteet ovat vain apulaitteita. Niihin ei aina

kannata uskoa. Automaatio helpottaa elämää, mutta sen tuottaman tiedon laatu tulee aina kyseenalaistaa, jos on syytä epäillä sen olevan väärää. Automaation ja varsinkin integroitujen komentositajärjestelmien kohdalla tutustuminen laitteisiin ja niiden toimintaan on suositeltavaa. Se luo perustan järjestelmien turvalliselle käytölle ja vikatilanteiden hoitamiseen turvallisesti pois päiväjäestyksestä.

3 VIDEOLINKIT

Kaikuluotain - Echo Sounder

<https://www.youtube.com/watch?v=4SprKjgDwAk>

Noin viisi minuuttia kestävä PowerPoint-esitys englanninkielellä koskien kaikuluotaimen toimintaa

Kompassit

<https://www.youtube.com/watch?v=EM051IXJD9Q>

Sperry Mk XIV-mekaanisen hyrräkompassin purkaminen ja kokoaminen sekä toiminnan selittäminen. Mustavalkoelokuva on englanniksi. Kesto on noin 10 minuuttia.

<https://www.youtube.com/watch?v=ekzwb3hu2k>

Englanninkielinen video, joka selittää, miksi pyörivä hyrrä pitää suuntansa, vaikka aluksen suunta muuttuu. Kesto on noin 10 minuuttia.

<https://www.youtube.com/watch?v=liANHPsr7MA>

Englanninkielinen luento, miten mekaaninen hyrrä toimii. Kesto on 13 minuuttia.

<https://www.youtube.com/watch?v=ty9QSiVC2g0>

Hyrräkompassissa olevan Gyroscopic Precession-liikkeen esittely. Videon kesto on noin neljä minuuttia.

Satelliittinavigointijärjestelmät ja korjaussignaalin lähetysoalvelut

<https://www.youtube.com/watch?v=ojRNsSypI3g>

Lyhyt englanninkielinen luento, joka käsittelee GPS- ja DGPS-järjestelmän toimintaa. Kesto on noin neljä minuuttia.

<https://www.youtube.com/watch?v=tKX7e7kJ9wc>

DGPS-järjestelmän toiminnan englanniksi esittävä animaatio. Kesto on noin kaksi minuuttia.

https://www.youtube.com/watch?v=FU_pY2sTwTA

GPS-järjestelmän toiminnan englanniksi esittävä video. Kesto on noin viisi minuuttia. Helppotajuinen näkökulma valittu.

https://www.youtube.com/watch?v=WpQ6er_VjQY

EGNOS-järjestelmän tarkkuuden parantamisperiaatteen kertova englanninkielinen animaatio. Kesto on noin minuutti.

AIS - Automatic Identification System

<https://www.youtube.com/watch?v=EDCTBwoCFnY>

AIS-järjestelmän toiminnasta monipuolisesti kertova englanninkielinen video. Kesto on noin neljä minuuttia. Helppotajuinen!

https://www.youtube.com/watch?v=wT1UeF2_qxE

Lyhyt PowerPoint-esitys AIS-järjestelmästä ja laiteluokista. Kesto on noin kolme minuuttia.

<https://www.youtube.com/watch?v=c1l1kkpqOSc>

AIS-järjestelmästä, laiteluokista ja vähän muustakin siihen liittyvästä kertova englanninkielinen video. Kesto on noin 10 minuuttia.

ARPA-tutka

<https://www.youtube.com/watch?v=RvTkVj5-uv0>

Englannin kielinen video, jossa näkyy miten sade ja pilvet näkyvät eri tavalla S- ja X-bandin tutkalla oikeassa elämässä. Kesto on noin minuutti.

Voyage Data Recorder – musta laatikko

<https://www.youtube.com/watch?v=juA8RdYS8-k>

NTSB:n El Faro-aluksen VDR-laitteen etsintä ja nosto merenpinnalle. Noin seitsemän minuuttia pitkä video

<https://www.youtube.com/watch?v=e9x7NisRdWY>

NTSB:n El Faro-aluksen VDR-aluksesta saatu englanninkielinen äänitallenne. Noin pari minuuttia pitkä. Ns. viimeiset sanat, ei ole tarkoitettu herkkätunteiselle kuuntelijalle.

<https://www.youtube.com/watch?v=9jUAlzssI9I>

NTSB:n El Faro-aluksen VDR-tietojen pohjalta saatu englanninkielinen 52 minuuttia kestävä lehdistötilaisuus. Tässä käydään tarkemmin läpi, mitä tietoja tallennetaan ja miten niitä hyödynnetään onnettomuustutkinnassa.

GMDSS

<https://www.youtube.com/watch?v=udIj6zGXJ7o>

Englanninkielinen video, joka käsittelee SART:in toimintaa. Kesto on noin minuutti.

<https://www.youtube.com/watch?v=AqJuRcFlhQA>

ELT- ja EPIRB-laitteen toimintaa käsittelevä englanninkielinen video. Kesto on noin neljä minuuttia.

<https://www.youtube.com/watch?v=xVpWywc7FnI>

Cospas-Sarsat-järjestelmän perusteet kertova englanninkielinen video. Kesto on noin viisi minuuttia.

<https://www.youtube.com/watch?v=iamQEMP8DNw>

GMDSS-järjestelmän laitteiden yleisesittely englanniksi ja lyhyt katsaus radioaaltojen etenemiseen. Kesto on noin viisi minuuttia.

<https://www.youtube.com/watch?v=eRB7dUEUsDs>

GMDSS-järjestelmän laitteiden ja järjestelmien ominaisuuksien esittely, hälytyksien tekemisen näyttäminen. Kesto on noin 25 minuuttia. Englanninkielinen video on animaatiopainotteinen. On osittain vanhentunut joiltain osin.

https://www.youtube.com/watch?v=7rQ_gBnnrl4

GMDSS-järjestelmän laitteiden yleisesittely englanniksi. Kesto on noin minuutti. Videotyyppinen.

4 MUUT NETTILINKIT

GMDSS

<http://textbook.ncmm.no/index.php/textbook-of-maritime-medicine/32-textbook-of-maritime-medicine/3-the-shipping-industry/660-global-maritime-distress-and-safety-system-gmdss-and-sar-regions>

Laaja englanninkielinen tietopaketti koskien GMDSS-järjestelmää

NAVTEX

<http://www.gmdss.com.au/navtex.html>

Lyhennetty versio edellisestä

Automaattiohjain/autopilotti

[http://www.sam-](http://www.sam-electronics.de/fileadmin/user_upload/Broschueren_PDF_Dateien_ANC/DS_3.006.11_2015.pdf)

[electronics.de/fileadmin/user_upload/Broschueren_PDF_Dateien_ANC/DS_3.006.11_2015.pdf](http://www.sam-electronics.de/fileadmin/user_upload/Broschueren_PDF_Dateien_ANC/DS_3.006.11_2015.pdf)

Valmistajan esite, jossa kerrotaan automaattiohjaimen moodit läpikuvien avulla.

Loki - Log

<http://marinegyaan.com/what-is-doppler-speed-log/>

Englanniksi lyhyt tietopaketti koskien lokia

<http://slideplayer.com/slide/10344889/>

Englanninkielinen video, jossa käydään läpi melkein kaikki lokityypit, myöskin ei-kauppalaivoilla käytettävät. Kesto on seitsemän minuuttia.

<https://fi.wikipedia.org/wiki/Doppler-ilmi%C3%B6>

Tarkempi kuvaus selityksineen doppler-ilmiöstä

Satelliittinavigointijärjestelmät ja korjaussignaalin lähetysoalvelut

https://en.wikipedia.org/wiki/GNSS_augmentation#Satellite-based_augmentation_system

Yleiskuva GNSS-järjestelmistä ja korjaussignaalin lähetysoalveluista

https://en.wikipedia.org/wiki/Satellite_navigation#NAVIC

Yleiskuva GNSS-järjestelmistä

https://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ato/service_units/techops/navservices/gnss/waas/

Lisää tietoa WAAS-järjestelmästä

AIS – Automatic Identification System

<https://www.navcen.uscg.gov/?pageName=typesAIS>

Lisätietoa AIS-viestin rakenteesta

https://en.wikipedia.org/wiki/Line-of-sight_propagation

Lisätietoa radioaaltojen etenemisestä

<https://www.marineinsight.com/marine-navigation/automatic-identification-system-ais-integrating-and-identifying-marine-communication-channels/>

Lisätietoa AIS-järjestelmästä

<https://www.navcen.uscg.gov/?pageName=AISMessagesA>

Lisätietoa AIS-viestin rakenteesta

http://arundale.com/docs/ais/ais_reporting_rates.html

AIS-laitteen tietojen lähetysvälit

http://www.sjofartsverket.se/upload/1486/a171_2.pdf

Ruotsin Merenkululaitoksen hyvä pdf-yleisjulkaisu, jossa on paljon hyviä kuvia.

ARPA-tutka

<https://www.yachtingmagazine.com/doppler-radar-technology>

Merenkulututkatekniikan historiaa

<http://members.home.nl/7seas/radcalc.htm>

Näkö- ja tutkahorisonttilaskin

ECDIS – Electronic Chart Display System

<http://www.furuno.com/en/merchant/ecdis/carriage/>

Yleistiedot kootusti koskien ECDIS-laitteita

<https://www.liikennevirasto.fi/ammattimerenkulku/merikartat/elektroniset-merikartat#.WhMqibpuKUk>

Lisätietoa ECDIS-kartoista

Voyage Data Recorder – musta laatikko

https://en.wikipedia.org/wiki/Voyage_data_recorder

Lisätietoa VRD-laitteesta

<https://www.marineinsight.com/guidelines/voyage-data-recorder-on-a-ship-explained/>

Lista VRD-laitteeseen tallennettavista asioista

<http://www.imo.org/en/ourwork/safety/navigation/pages/vdr.aspx>

IMO:n teknisiä vaatimuksia

<http://www.furuno.com/en/merchant/vdr/>

Lisätietoa VDR-laitteista erään valmistajan näkökulmasta

<http://solasv.mcga.gov.uk/annexes/Annex10.htm>

SOLAS konvention vaatimukset koskien VRD-laitetta

5 LOPPUSANAT

Työn tekeminen oli kaikin puolin mielenkiintoista ja opettavaista, mutta osittain haasteellista. Vaikeaa oli kirjoittaa vaativasta aihepiiristä niin helppotajuista tekstiä, että kaikki lukijat pysyvät mukana koko ajan. Sekin pitää hyväksyä, että kaikki eivät tule ymmärtämään kaikkea. Me kaikki olemme omalla tavallamme erilaisia ihmisiä ja hyvä niin.

Materiaali on mielestäni helppolukuista. Kuvat kertovat oleellisen siitä, mitä käyttäjän tulee ymmärtää. Materiaalia voi käyttää navigaatioseurojen ja toisen asteen oppilaitosten sekä ammattikorkeakoulujen elektronisten navigointijärjestelmien opetukseen.

LÄHTEET

Alamy Ltd www-sivut. Viitattu 21.11.2017.

<http://c8.alamy.com/comp/BCEW2M/voyage-data-recorder-on-a-tall-ship-BCEW2M.jpg>

Arundale www-sivut. Viitattu 21.11.2017.

http://arundale.com/docs/ais/ais_reporting_rates.html

Austin Insulators Inc. www-sivut. Viitattu 21.11.2017.

<http://www.austin-insulators.com/radar/111.html>

Calcutt, D. & Tetley, L. 2001. Electronic Navigation Systems. 3rd Edition. Oxford: Butterworth-Heinemann Linacre House.

Federal Aviation Administration www-sivut. Viitattu 21.11.2017.

https://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ato/service_units/techops/navservices/gnss/waas/

Furunon www-sivut. Viitattu 21.11.2017.

<http://www.furuno.com/en/merchant/ecdis/carriage/>

Furunon www-sivut. Viitattu 21.11.2017.

http://www.furuno.com/files/Brochure/310/upload/FAR-15x8_en.pdf

Furunon www-sivut 2017. Viitattu 30.12.2017.

http://www.furuno.com/files/Brochure/189/upload/NX-300_E.pdwww-sivut. Viitattu 21.11.2017. <http://www.furuno.com/en/merchant/vdr/>

Garmin www-sivut. Viitattu 21.11.2017.

<http://www8.garmin.com/graphics/WAASsystem.gif>

Gmdss www-sivut. Viitattu 21.11.2017. <http://www.gmdss.com.au/navtex.html>

Heikkinen, H. & Lammi, P. J. 1989. Merenkulkijan opas. Porvoo: WSOY.

IMOn www-sivut. Viitattu 21.11.2017.

<http://www.imo.org/en/ourwork/safety/navigation/pages/vdr.aspx>

Karlsson, S. (toim.) 2005. Merenkulun perusteet 1. Rannikolta avomerelle. 2. painos. Helsinki: Edita Prima Oy.

Kongsberg Maritime www-sivut. Viitattu 30.12.2017.

[https://www.km.kongsberg.com/ks/web/nokbg0397.nsf/AllWeb/62F2BB1A93881801C1257CB7003A7687/\\$file/KM_K_Bridge.pdf](https://www.km.kongsberg.com/ks/web/nokbg0397.nsf/AllWeb/62F2BB1A93881801C1257CB7003A7687/$file/KM_K_Bridge.pdf)

Kongsberg Maritime www-sivut. Viitattu 21.11.2017.

<https://www.km.kongsberg.com/ks/web/nokbg0240.nsf/AllWeb/71FA7CEBBFD55D4FC1257F6A002FE464?OpenDocument>

Land Information New Zealand www-sivut. Viitattu 21.11.2017.
<http://www.linz.govt.nz/sites/default/files/media/pages-attachments/sea/navareaxiv-inmarsat.jpg>

Liikenneviraston www-sivut. Viitattu 21.11.2017.
<https://www.liikennevirasto.fi/ammattimerenkulku/merikartat/elektroniset-merikartat#.WhMqibpuKUk>

Liikenneviraston www-sivut. Viitattu 10.12.2017.
<https://www.liikennevirasto.fi/ammattimerenkulku/liikkuminen-vesivaylilla/radionavigaatiopalvelut#.Wi2HNrpuKUk>

MacPhee, S.B. 1976. Developments in narrow beam echo sounders. Bedford Institute of Oceanography. Viitattu 26.12.2017.
<https://journals.lib.unb.ca/index.php/ihr/article/download/23732/27505>

Marine Gyaan www-sivut. Viitattu 21.11.2017.
<http://marinegyaan.com/what-is-doppler-speed-log/>

Marine insight www-sivut. Viitattu 21.11.2017.
<https://www.marineinsight.com/guidelines/voyage-data-recorder-on-a-ship-explained>

Marine insight www-sivut. Viitattu 21.11.2017. <https://www.marineinsight.com/marine-navigation/automatic-identification-system-ais-integrating-and-identifying-marine-communication-channels/>

Maritime & Coastguard Agency www-sivut. Viitattu 21.11.2017.
<http://solasv.mcga.gov.uk/annexes/Annex10.htm>

Maritime Cyprus www-sivut. Viitattu 13.02.2018.
<https://maritimecyprus.files.wordpress.com/2016/09/vdr-graphic.png?w=696&h=409>

Maritime Cyprus www-sivut. Viitattu 21.11.2017.
https://maritimecyprus.files.wordpress.com/2016/09/vdr_or_s-vdr.png

Norwegian Centre for Maritime Medicine www-sivut 2017. Viitattu 21.11.2017.
<http://textbook.ncmm.no/index.php/textbook-of-maritime-medicine/32-textbook-of-maritime-medicine/3-the-shipping-industry/660-global-maritime-distress-and-safety-system-gmdss-and-sar-regions>

Oceanic Imaging Consultants Inc. www-sivut Viitattu 21.11.2017.
<http://www.oicinc.com/images/DiagramEchoSounding.jpg>

Onnettomuustutkintakeskus 1/1995. M/S Silja Europan karilleajo Furusundissa Tukholman saaristossa 13.1.1995. Viitattu 29.1.2018.
http://www.turvallisuustutkinta.fi/material/attachments/otkes/tutkintaselostukset/fi/ve-siliikenneonnettomuuksientutkinta/vanhemmattutkinnat/FkbFFvIm7/1_1995_Tutkintaselostus.pdf

PC Navtex www-sivut. Viitattu 07.01.2018.
<http://www.pcnavtex.com/AboutNAVTEX/MessageTypes/tabid/320/language/en-GB/Default.aspx>

Pohjola, P. 1977. Kompassit. Teoksessa Veneilijän tietokirja 2. Merenkulkuoppi. Helsingin Navigaatioseura (toim.). Porvoo: WSOY, 76-96.

Rannikkolaivurin VHF-radioliikenneopas. 2010. Viestintävirasto.

Raytheon Anschütz www-sivut. Viitattu 10.12.2017. http://www.raytheon-anschuetz.com/fileadmin/content/Operation_Manuals/Compass/4007_STD22_NG002.pdf

RF Cafe www-sivut 2017. Viitattu 13.12.2017. <http://www.rfcafe.com/references/electrical/NEETS-Modules/images/181img21B.gif>

River Information Services (RIS) www-sivut. Viitattu 21.11.2017. http://www.ris.eu/docs/Image/393/thumb_450x-_infrastructure.jpg

Sam-Electronics www-sivut. Viitattu 21.11.2017. http://www.sam-electronics.de/fileadmin/user_upload/Broschueren_PDF_Dateien_ANC/DS_3.006.11_2015.pdf

Scortel Ltd www-sivut. Viitattu 21.11.2017. <https://www.scortel.com/en/products/marine-communication-and-navigation/gmdss/item/74-samyung-snx-300-navtex-receiver>

Ship Technology www-sivut. Viitattu 21.11.2017. <http://www.ship-technology.com/contractors/navigation/hans-buch/hans-buch3.html>

Slideplayer www-sivut. Viitattu 21.11.2017. <http://slideplayer.com/slide/10344889/>

Telemaruk www-sivut. Viitattu 21.11.2017. <https://www.telemaruk.com/images/stories/images-navigation/SMIDS-Ship-600.jpg>

The Nautical Institute www-sivut. Viitattu 28.12.2017. <https://www.nautinst.org/en/forums/ecdis/ecdis-issues-gen.cfm/G3userexp>

U.S. Coast Guard Navigation Center www-sivut. Viitattu 21.11.2017. <https://www.navcen.uscg.gov/?pageName=typesAIS>

U.S. Coast Guard Navigation Center www-sivut. Viitattu 21.11.2017. <https://www.navcen.uscg.gov/?pageName=AIMessagesA>

Veneilijän merenkulkuoppi II. Rannikonavigointi. 2009. 8. painos. Helsinki: Suomen Navigaatioliitto.

Wikimedia www-sivut. Viitattu 21.11.2017. <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e0/AIS-USCG-Overview.jpg>

Wikimedia www-sivut. Viitattu 21.11.2017. https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fb/Line_of_sight_mw_transmission.svg

Wikimedia www-sivut. Viitattu 21.11.2017.

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0e/New_C-S_System_Overview.jpg

Wikipedia www-sivut. Viitattu 21.11.2017.

https://en.wikipedia.org/wiki/Automatic_identification_system#/media/File:Ais_dcu_bridge.jpg

Wikipedia www-sivut. Viitattu 21.11.2017.

https://en.wikipedia.org/wiki/Differential_GPS

Wikipedia www-sivut. Viitattu 21.11.2017.

<https://fi.wikipedia.org/wiki/Doppler-ilmi%C3%B6>

Wikipedia www-sivut. Viitattu 21.11.2017.

https://en.wikipedia.org/wiki/GNSS_augmentation#Satellite-based_augmentation_system

Wikipedia www-sivut. Viitattu 21.11.2017.

https://en.wikipedia.org/wiki/File:SART_on_Radar.png

Wikipedia www-sivut. Viitattu 21.11.2017.

https://en.wikipedia.org/wiki/Line-of-sight_propagation

Wikipedia www-sivut. Viitattu 21.11.2017.

https://en.wikipedia.org/wiki/Satellite_navigation#/media/File:Launched_GNSS_2014.jpg

Wikipedia www-sivut. Viitattu 21.11.2017.

https://en.wikipedia.org/wiki/Satellite_navigation#NAVIC

Wikipedia www-sivut. Viitattu 13.12.2017.

https://en.wikipedia.org/wiki/Time-division_multiple_access

Wikipedia www-sivut. Viitattu 21.11.2017.

https://en.wikipedia.org/wiki/Voyage_data_recorder

Wikipedia www-sivut. Viitattu 7.1.2018.

<https://fi.wikipedia.org/wiki/Meripeninkulma>

Yachting Magazine www-sivut. Viitattu 21.11.2017.

<https://www.yachtingmagazine.com/doppler-radar-technology>

Österman, T. 2010. Navigoinnin elektroniset apuvälineet. Perustietoa veneilijöille. Helsinki: Suomen Navigaatioliitto.